Franz Arago's sämmtliche Werke.

Mit einer Einleitung

von

Alexander von Humboldt.

Deutsche Original-Ausgabe.

Herausgegeben

von

Dr. W. G. Hankel

ord. Professor der Physik an der Universität Leipzig.

Zwölfter Band.

Leipzig

Verlag von Otto Wigand.

1856.

Populäre Astronomie

von

Franz Arago.

(Nach der von J. A. Barral besorgten französischen Ausgabe.)

Deutsche Original-Ausgabe.

Herausgegeben

von

Dr. W. G. Hankel

ord. Professor der Physik an der Universität Leipzig.

Zweiter Band.

Leipzig
Verlag von Otto Wigand.
1856.

Populäre Astronomie

mit einigen Nachträgen und Bemerkungen versehen, welche in der französischen Ausgabe nicht enthalten sind.

Zweiter Band.

Zwölftes Buch.

Die Milchstraße.

Erstes Kapitel.

Anblick der Milchstraße.

Den Namen Milchstraße gibt man einem leuchtenden Gürtel am Sternenhimmel, dessen weißlichen Schimmer Jedermann wahrgenommen hat. Dieser Gürtel umzieht das ganze Firmament rundum, und nimmt dabei seinen Weg der Reihe nach durch die Sternbilder der Cassiopeja, des Perseus, der Zwillinge, des Orion, des Einhorns, des Schiffes, des südlichen Kreuzes, des Centaur, des Schlangenträgers, der Schlange, des Adlers, des Pfeiles, des Schwanes und des Cepheus. Die Milchstraße beschreibt auf diese Weise nahezu einen größten Kreis am Himmelsgewölbe, erfährt aber in ihrem Verlaufe eine Zweitheilung, Bifurcation, indem sich unter spitzem Winkel ein Nebenzweig abtrennt, welcher nach einer Erstreckung von ungefähr 120 Graden, von α Centaur bis zum Sternbilde des Schwanes, sich wiederum mit dem Hauptzweige vereinigt. Es lassen sich außerdem noch mehrere kleinere Abzweigungen unterscheiden.

Früher ist bereits erwähnt worden*) daß die Griechen die Milchstraße Galaxias nannten; die Chinesen und die Araber bezeichnen sie als Himmelsfluß; die nordamerikanischen Wilden als den Weg der Seelen; die Bauern in Frankreich nennen sie den Weg des heiligen Jacob von Compostella.

*) Im 4. Kap. des 8. Buches, siehe den ersten Band der Astronomie, S. 268.

Die Breite der Milchstraße erscheint sehr ungleich; an einigen Stellen geht dieselbe nicht über 5 Grade hinaus, an anderen Punkten erreicht sie dagegen 10, und selbst 16 Grade. Zwischen dem Schlangenträger und Antinous umfassen ihre beiden Zweige mehr als 22 Grade an der Himmelskugel.

Im dritten Bande des Kosmos entwirft mein Freund Alexander von Humboldt folgende Schilderung von den verschiedenen Theilen der Milchstraße. Diese Uebersicht schreitet fort nach der Folge der Rectascensionen; der Leser kann sie auf den beiden Karten (Fig. 101 und 102 zu S. 280 des ersten Bandes) verfolgen, welche die Sternbilder beider Hemisphären des Himmels darstellen. Humboldt drückt sich folgendermaßen aus[1]): „Durch γ und ε Cassiopejae hindurchgehend, sendet die Milchstraße südlich einen Zweig nach ε Persei, welcher sich gegen die Plejaden und Hyaden verliert. Der Hauptstrom, hier sehr schwach, geht über die Hoedi (Böckchen) im Fuhrmann, die Füße der Zwillinge, die Hörner des Taurus, das Sommer-Solstitium der Ekliptik und die Keule des Orion nach $6^h\ 54'$ AR. (für 1800), den Aequator am Halse des Einhorns schneidend. Von hier an nimmt die Helligkeit beträchtlich zu. Am Hintertheile des Schiffes geht ein Zweig südlich ab bis γ Argûs, wo derselbe plötzlich abbricht. Der Hauptstrom setzt fort bis 33° südlicher Declination, wo er, fächerförmig zertheilt (20° breit), ebenfalls abbricht, so daß in der Linie von γ nach λ Argûs sich eine weite Lücke in der Milchstraße zeigt. In ähnlicher Ausbreitung beginnt letztere nachher wieder, verengt sich aber an den Hinterfüßen des Centauren und vor dem Eintritte in das südliche Kreuz, wo sie ihren schmalsten Streifen von nur 3° oder 4° Breite bildet. Bald darauf dehnt sich der Lichtweg wieder zu einer hellen und breiten Masse aus, die β Centauri wie α und β Crucis einschließt, und in deren Mitte der schwarze birnförmige Kohlensack liegt. In dieser merkwürdigen Region, etwas unterhalb des Kohlensackes, ist die Milchstraße dem Südpol am nächsten.

„Bei α Centauri tritt die schon oben erwähnte Haupttheilung ein: eine Bifurcation, welche sich nach den älteren Ansichten bis zu dem Sternbilde des Schwanes erhält. Zuerst, von α Centauri aus gerechnet, geht ein schmaler Zweig nördlich nach dem Wolfe hinwärts,

wo er sich verliert; dann zeigt sich eine Theilung beim Winkelmaaße (bei γ Normae). Der nördliche Zweig bildet unregelmäßige Formen bis in die Gegend des Fußes des Schlangenträgers, wo er ganz verschwindet; der südlichste Zweig wird jetzt der Hauptstrom, und geht durch den Altar und den Schwanz des Scorpions nach dem Bogen des Schützen, wo er in 276° Länge die Ekliptik durchschneidet. Weiterhin erkennt man ihn aber in unterbrochener, fleckiger Gestalt, fortlaufend durch den Adler, den Pfeil und den Fuchs bis zum Schwan. Hier beginnt eine sehr unregelmäßige Gegend: wo zwischen ε, α und γ Cygni eine breite, dunkle Leere sich zeigt, die Sir John Herschel mit dem Kohlensacke im südlichen Kreuze vergleicht und die wie ein Centrum bildet, von welchem drei partielle Ströme ausgehen. Einer derselben, von größerer Lichtstärke, kann gleichsam rückwärts über β Cygni und s Aquilae verfolgt werden, jedoch ohne sich mit dem bereits oben erwähnten, bis zum Fuße des Ophiuchus gehenden, Zweige zu vereinigen. Ein beträchtlicher Ansatz der Milchstraße dehnt sich außerdem noch vom Kopfe des Cepheus, also in der Nähe der Cassiopeja, von welcher Constellation an wir die Schilderung der Milchstraße begonnen haben, nach dem Kleinen Bären und dem Nordpol hin aus."

Zweites Kapitel.

Ansichten der Alten von der Milchstraße.

Die Milchstraße hatte bereits die Aufmerksamkeit der alten Weltweisen in hohem Grade auf sich gezogen. Manilius beschreibt in seinem Gedichte sehr weitläufig die Constellationen, durch welche sie sich hinzieht. Er gibt auch von der Mehrzahl der Erklärungen Kunde, welche man für eine so großartige Erscheinung ersonnen hatte[2]). Diese Früchte der griechischen Einbildungskraft, oder andere ähnliche Vorstellungen, welche man bei andern Schriftstellern des Alterthums aufsuchen könnte, würden heute einer ernsthaften Prüfung nicht würdig befunden werden. Was kann es der Wissenschaft, ich möchte fast sagen, was kann es der Geschichte der Wissenschaften nützen, daß Aristoteles von der Milchstraße gesagt hat: „sie ist ein leuchtendes Meteor, das

seine Lage in der mittleren Region hat"? [3]) Liegt Jemandem daran, zu wissen, daß man soweit gegangen ist, den Ursprung dieses unermeßlichen glänzenden Gürtels in den Milchtropfen suchen zu wollen, welche Herkules als Säugling aus dem Busen Juno's entfallen ließ, oder in der feurigen Spur, welche der Wagen des Phaëton sollte hinterlassen haben, oder in einem beliebigen Gestirne, welches einst plötzlich von seiner Stelle entrückt und durch den Himmelsraum geschleudert wurde*)? Oder lohnt es der Mühe daran zu erinnern, daß Oenopides und Metrodorus die Milchstraße für die Bahn hielten, welche die Sonne einst beschrieben habe, bevor sie sich nach ihrer jetzigen Laufbahn längs des Thierkreises gewendet, und daß sie sich in jener äußersten Bahn lange genug aufgehalten habe, um unverlöschbare Spuren ihres einstigen Weges zurückzulassen? Seitdem die Kometen jene festen Sphären, denen die Alten eine so große Rolle in dem Mechanismus des Weltalls zutheilten, unwiederbringlich zerstört haben, legt man ebenso wenig Gewicht auf eine oft angeführte Stelle aus den Schriften des Makrobius,

---

*) Als der große Condé sich statt aller anderen Nahrung auf den Genuß von Milch beschränkte, beeiferte sich ein Poet jener Zeit, die wahren oder eingebildeten Eigenschaften des köstlichen Getränkes in lateinischen Versen zu besingen. Fontenelle hat das Gedicht des Pater Commire übersetzt. Die Verse, welche sich auf die Milchstraße beziehen, lauten:

Von jenem Milchglanz wollt ihr Kunde,
In dem der Sterne Licht verrinnt;
Die Milch ist's, die Alkmenen's Kind
Verlor als Säugling aus dem Munde;
Doch Jupiter gab sie nicht Preis,
Hat sie zum Himmel aufgehoben,
Zum Stern ward jeder Tropfen droben,
Das ist die Straße silberweiß. *)

*) Voyez ces astres dont à peine
Il parvient jusqu' à nous une faible lueur:
C'est là ce même lait qui tomba par malheur
De la bouche du fils d'Alcmène;
Et comme il eût été perdu,
Jupiter ménagea ces précieuses gouttes:
En astres il les changea toutes
Et du chemin de lait voilà ce qu'on a su.

wo dieser Autor erzählt, Theophrast habe in der Milchstraße die Linie zu erblicken gemeint, in welcher die beiden Halbkugeln, aus denen seiner Ansicht nach das Himmelsgewölbe bestand, zusammengeschweißt seien[4]. Das Bizarre und Abgeschmackte in all' diesen Vorstellungen ist ein Grund mehr, um bei einem von Manilius aufgenommenen und weiter ausgeführten Gedanken des Demokrit zu verweilen und besonders hervorzuheben, wie fein, geistreich und keineswegs naheliegend derselbe war. Nach der Ansicht dieses Philosophen ist die Ursache des lebhaften Glanzes der Milchstraße darin zu suchen, daß in derselben die Sterne, wegen ihrer unermeßlichen Entfernung, einander zu nahe stehen, als daß man die einzelnen Lichtpunkte unterscheiden könnte: die Bilder von so vielen eng aneinander gedrängten Gestirnen vermischen sich gegenseitig.

Drittes Kapitel.

Erklärung der Neuzeit von der Milchstraße.

Sobald Galilei seine ersten Fernröhre auf den Himmel richtete, entdeckte er neue Sterne in großer Anzahl; die sechste Größe blieb nicht mehr die äußerste Grenze der Sichtbarkeit, Gürtel und Schwerdt des Orion, wo die griechischen und arabischen Astronomen nicht mehr als acht Sterne zu zählen vermochten, zeigten jetzt mehr als achtzig. In den Plejaden, wo man früher sechs oder sieben erblickt hatte, erkannte man sechsunddreißig. In der Milchstraße erglänzten deutlich getrennte Sterne, während man zuvor nie etwas Anderes als einen unbestimmten Schimmer unterschieden hatte. Galilei schloß sich nun der Erklärung des Demokrit an, stützte sie jetzt aber durch bestimmte Beobachtungen und entrückte sie, bis zu einem gewissen Punkte, dem Bereiche bloßer Vermuthungen; seit jener Zeit ist diese Erklärung fast allgemein angenommen worden.

Jene Erklärung des Demokrit und Manilius ließ indessen einige Umstände gänzlich bei Seite, welche der Aufmerksamkeit der Astronomen gewiß nicht minder würdig sind, als Glanz und Weiße der Milchstraße: ich meine die Gestalt des Phänomens, ihre zusammenhängende

Form und das fast vollkommene Zusammenfallen ihres Hauptzweiges mit einem größten Kreise an der Himmelskugel. Eine so eigenthümliche Coincidenz, eine so auffällige Continuität kann nicht wohl das Werk des Zufalls sein: beide sind vielmehr Erscheinungen, welche auf physischen Ursachen beruhen müssen. Dieser Gedanke fesselte die Aufmerksamkeit Keppler's, dieses unsterblichen Geistes, der fast allen Theilen der Astronomie das Siegel seiner Genialität aufgedrückt hat. In seiner Epitome Astronomiae Copernicanae, (in den Jahren 1618 bis 1620 veröffentlicht), findet sich folgender bemerkenswerthe Ausspruch[5]): „Der Ort, welchen die Sonne einnimmt, liegt in der Nähe des Sternenringes, aus dem die Milchstraße besteht. Diese Stellung wird durch den Umstand angezeigt, daß die Milchstraße nahezu den Anblick eines größten Kreises darbietet, und daß in allen ihren Theilen ihre Lichtintensität wesentlich dieselbe ist."

Wollte man es auffällig finden, daß ich dieser Keppler'schen Vorstellung so hohen Werth beilege, so würde ich anführen, daß in derselben Zeit Gassendi sich folgendermaßen über die Erscheinung der Milchstraße aussprach: „Wenn aber Jemand den Grund wissen will, weshalb diese Anhäufung von kleinen Sternen gerade in einem Kreise stattfindet, und nicht anders..., so mag er den Schöpfer der Sterne selber befragen, jenes allmächtige Wesen, welches sie hervorgebracht und nach seinem Gefallen ausgetheilt hat, und welches allein über sein Werk Aufschluß zu geben im Stande ist*)".

Erst geraume Zeit nachher wurden Keppler's Ideen weiter entwickelt und ausgebildet durch drei Denker, Thomas Wright von Durham, Kant in Königsberg und durch den Geometer Lambert aus Mühlhausen. Wenige Worte werden hinreichen, um zu zeigen, daß diese drei Namen nicht verdienen, der Vergessenheit anheimzufallen, mit der man sie meist unbeachtet zu lassen pflegt.

Der Gelehrte aus Durham wies jeden Gedanken an eine zufällige und ungeordnete Gruppirung der Sterne, als unvereinbar mit dem Anblicke der Milchstraße zurück; dieser Anblick veranlaßte ihn im

---

*) Abrégé de la philosophie de Gassendi, par Bernier, 4. Bd. S. 315 der zweiten Ausgabe.

Gegentheile[6]) „zur Annahme einer systematischen Vertheilung, um eine Fundamentalebene (ground plan).“

Kant, welcher die Arbeiten Wright's *) im Auszuge kannte[7]), vervollständigte die Vorstellung desselben. Ihm entgeht die Bemerkung nicht, daß die Ebene, in deren Nähe die Sterne sich hauptsächlich vorfinden, nothwendigerweise durch die Erde oder durch die Sonne gehen muß. Er fügt hinzu[8]): „Wenn wir annehmen, daß zu dieser Fläche alle Fixsterne und Systemata eine allgemeine Beziehung ihres Ortes haben, um sich derselben näher als anderen Gegenden zu befinden, so wird das Auge, welches sich in dieser Beziehungsfläche befindet, bey seiner Aussicht in das Feld der Gestirne, an der hohlen Kugelfläche des Firmaments, diese dichteste Häufung der Sterne in der Richtung solcher gezogenen Fläche unter der Gestalt einer von mehrerem Lichte erleuchteten Zone erblicken. Dieser lichte Streif wird nach der Richtung eines größten Zirkels fortgehen, weil der Stand des Zuschauers in der Fläche selber ist. In dieser Zone wird es von Sternen wimmeln, welche durch die nicht zu unterscheidende Kleinigkeit der hellen Punkte, die sich einzeln dem Gesichte entziehen, und durch ihre scheinbare Dichtigkeit, einen einförmig weißlichten Schimmer, mit einem Worte, eine Milchstraße vorstellig machen.“

Kant sah wohl ein, daß unter seiner Voraussetzung die Erscheinung des gestirnten Himmels, bis zu einem gewissen Punkte, eine Art Abstufung befolgen müßte. Er sagte daher weiter: „selber die übrigen Sterne, die in dem weißlichten Streifen der Milchstraße nicht begriffen sind, werden doch um desto gehäufter und dichter gesehen, je näher ihre Oerter dem Zirkel der Milchstraße sind, so daß von den 2000 Sternen, die das bloße Auge am Himmel entdeckt, der größte Theil in einer nicht gar breiten Zone, deren Mitte die Milchstraße einnimmt, angetroffen wird.“

Kant faßte seine Vorstellungen in der möglich geringsten Anzahl von Worten zusammen, indem er die Milchstraße als die Welt der Welten bezeichnete.

---

*) Es gibt drei Werke von Wright; nach mehrfachen Bemühungen war es mir endlich geglückt, dieselben herbeizuschaffen; allein infolge eines Mißverständnisses sind sie von der Bibliothek in Pulkowa in Beschlag genommen worden, bevor ich sie noch lesen und benutzen konnte[9]).

Man findet ferner eine Erklärung der Milchstraße in den zu Augsburg im Jahre 1761 erschienenen Cosmologischen Briefen[10]. Lambert gelangt, durch die Beschauung des Himmels, zu den folgenden Schlüssen: „das ganze System der uns sichtbaren Fixsterne ist nicht sphärisch, sondern flach: die Sterne sind nahezu gleichförmig vertheilt zwischen zwei Flächen, welche nach allen Richtungen hin ungeheure Ausdehnung besitzen und einander verhältnißmäßig sehr nahe liegen; unsere Sonne aber befindet sich in einer vom Mittelpunkte jener unermeßlichen Sternenschicht nur wenig entfernten Gegend." Dies ist fast genau die Wiederholung der Hypothesen, welche Kant in seiner allgemeinen Naturgeschichte und Theorie des Himmels annahm, nachdem sie zuerst Keppler in seiner Epitome aufgestellt hatte. Wie ist es aber zu erklären, daß sechs Jahre nach der Veröffentlichung jenes Werkes Lambert die darin entwickelten Ansichten durchaus ohne Erwähnung läßt? Woher kommt es ferner, daß neunundzwanzig Jahre später William Herschel, ein geborener Deutscher, bei Behandlung der nämlichen Probleme, weder den Namen Keppler's, noch den des königsberger Philosophen, oder des mühlhauser Geometers in seinen Schriften anführt? Eine Antwort auf diese Frage wüßte ich nicht zu geben[11].

Viertes Kapitel.

Aichung der Milchstraße.

Wir haben uns überzeugt, daß der glänzende Gürtel, welcher die Milchstraße bildet, möglicherweise keine Realität hat. Seitdem es nicht unwahrscheinlich geworden ist, jener Streifen sei nichts als ein trügerischer Schein, eine einfache Wirkung der Projection, genügte es nicht mehr, die Sterne blos in den Gegenden zu zählen, in denen sie am dichtesten erschienen: es mußte untersucht werden, ob bei allmähligem Entfernen von jenen Regionen die Anzahl der Sterne mit einer gewissen Gesetzmäßigkeit oder ganz unregelmäßig abnahm. Eine solche Arbeit schien in jedem Falle die vereinten Anstrengungen der Astronomen mehrerer Generationen zu erheischen. Dennoch hat Wil-

liam Herschel die Untersuchung allein und im Laufe weniger Jahre ausgeführt, wenigstens in soweit die Frage die Milchstraße betraf. Die von ihm befolgte Methode hat durch die gewonnenen Resultate eine große Berühmtheit erlangt. Zudem war sie äußerst einfach und bestand, nach dem malerischen Ausdrucke ihres gefeierten Urhebers, in der Anwendung der Himmels-Aichungen (gauging the heavens).

Um in Bezug auf zwei beliebige Regionen des Firmamentes das gegenseitige Verhältniß ihres mittleren Reichthumes an Sternen zu bestimmen, bediente sich der Beobachter eines Teleskops, dessen Gesichtsfeld einen Kreis von funfzehn Minuten Durchmesser umfaßte [12]). Damit zählte er, ungefähr in der Mitte der ersten zu untersuchenden Region, successive die Anzahl der Sterne, welche in zehn aneinanderstoßenden, oder wenigstens sehr nahe liegenden Feldern sich vorfanden. Diese Zahlen wurden addirt und die Summe durch zehn getheilt: der Quotient gab den mittleren Reichthum der untersuchten Region. Dasselbe Verfahren, dieselbe numerische Rechnung lieferte ein analoges Resultat für die zweite Region. Wenn dies letztere Resultat den doppelten, dreifachen...., zehnfachen Betrag des ersteren ergab, so zog Herschel daraus consequenter Weise die Folgerung, daß auf eine gleiche Ausdehnung die eine Region zwei, drei..., zehn Mal soviel Sterne enthalte, als die andere, daß sie einen doppelten, dreifachen..., zehnfachen Reichthum an Sternen besitze.

In der Abhandlung Herschel's, welche im Jahre 1785 im 75. Bande der Philosophical Transactions abgedruckt ist, befindet sich ein Verzeichniß von Aichungen oder Sternzählungen an verschiedenen Theilen des Firmaments, welches für gewisse Regionen im Gesichtsfelde des Herschel'schen Teleskopes als mittleren Betrag nur eine Zahl von fünf, vier, drei, zwei, einem Sterne anführt. Es kommt selbst vor, daß in der Mitte einiger Regionen mindestens vier aufeinanderfolgende Felder nöthig waren, um drei Sterne zu finden. An anderen Orten dagegen enthielten diese engen Felder, diese Kreisflächen von nur 15 Minuten Durchmesser, drei-, vier-, fünfhundert, selbst 588 Sterne! Bei Durchmusterung der am dichtesten besetzten Regionen endlich erblickte das Auge am Oculare des Fernrohres in dem kurzen Zeitraume von einer Viertelstunde 116000 Sterne! Diese

numerischen Werthe sind in der That ungeheuer groß. Das Wort ungeheuer, in Bezug auf die Zahl 116000, wird demjenigen nicht übertrieben erscheinen, der weiß, daß die Anzahl der mit unbewaffnetem Auge sichtbaren Sterne, von denen der Himmel während der gesammten Nächte des Jahres erglänzt, im Ganzen ungefähr 6000 beträgt*), und daß die Alten ihre Zählungen nicht über die Zahl 1026 erstreckt haben. Derselbe Ausdruck darf mit gleichem Rechte in Bezug auf die vier-, fünf- und sechshundert Sterne, welche das Instrument zu gleicher Zeit zeigte, gebraucht werden, wenn man daran denkt, daß bei einem Gesichtsfelde von 15 Minuten im Durchmesser, ein Fernrohr erst den vierten Theil der scheinbaren Oberfläche der Sonne umfaßt.

Der allgemeine Anblick der Milchstraße, ihre Gestalt und physische Constitution, wie sie die teleskopischen Beobachtungen ergeben, finden eine sehr einfache Erklärung, wenn man mit Herschel annimmt, daß Millionen von Sternen, in Bezug auf die gegenseitigen Abstände nahezu gleichmäßig vertheilt, eine Schicht, ein Stratum bilden, welche zwischen zwei fast ebenen, gleichlaufenden und sehr genäherten Flächen, die sich in unermeßliche Weiten erstrecken, enthalten ist. Man muß diese Schicht (im Allgemeinen von der Form eines Mühlsteines) sehr dünn voraussetzen, im Vergleich zu den unberechenbaren Entfernungen, bis zu denen sich nach allen Richtungen die beiden sie umfassenden ebenen Oberflächen erstrecken; man muß ferner annehmen, daß unsere Sonne, das Gestirn, um welches die Erde sich dreht, ohne sich von ihr entfernen zu können, einen der Sterne jener Schicht ausmacht, daß unser Standpunkt vom Centrum dieser Sternengruppe wenig entfernt ist, und daß wir uns nahezu im Mittelpunkte befinden, sowohl in Bezug auf die Dicke, als hinsichtlich aller übrigen Dimensionen. Hat man diese Annahme einmal gemacht, so läßt sich leicht begreifen, daß eine in der Richtung der unbegrenzten Ausdehnung der Sternenschicht gezogene Gesichtslinie allenthalben eine Menge von Sternen treffen, oder wenigstens dergestalt in ihrer Nähe vorübergehen wird, daß dieselben sich zu berühren scheinen: während im Gegentheile in der Richtung der Querare die Anzahl der sichtbaren Sterne vergleichungsweise ge-

*) Siehe das 2. Kap. des 9. Buches, S. 306 des ersten Bandes d. Astr.

ringer sein muß, und zwar genau in dem Verhältnisse der halben Dicke zu den anderen Dimensionen der Schicht. Beim Uebergange der Gesichtslinien von der Längenerstreckung zu der darauf senkrechten Richtung wird ferner eine plötzliche Abnahme der Sternenmenge eintreten, so daß die äußersten Dimensionen der Schicht am Firmamente durch eine scheinbare Anhäufung von Sternen, durch ein in die Augen fallendes Lichtmaximum, das den Anblick eines milchigen Schimmers gewährt, angezeigt werden, oder wenn man will, sich abzeichnen. Endlich muß das Lichtmaximum in einem größten Kreise der Himmelskugel erscheinen, weil die Erde als der Mittelpunkt dieser Kugel, die Sternenschicht aber als eine durch diesen Mittelpunkt gehende Ebene angesehen werden kann, und weil jede solche Ebene die Kugel nothwendigerweise in zwei gleiche Hälften theilt, oder, was dasselbe ist, in einem größten Kreise schneidet. Der Nebenzweig, welcher den Hauptstrom der Milchstraße in der Gegend des Schwanes verläßt, um sich bei α Centaur wieder zu vereinigen, verräth das Vorhandensein einer zweiten Gruppirung, einer Sternenschicht, welche mit der Hauptschicht einen kleinen Winkel bildet, und in der Nähe des Ortes unserer Erde mit derselben zusammenstößt, ohne sich weiter zu erstrecken.

Kurz die Ursache, weßhalb wir in gewissen Richtungen weit mehr Sterne erblicken, als in anderen, weßhalb die Regionen, in denen die Sterne dicht zusammengedrängt sind, einen größten Kreis auf der Himmelskugel bilden; weßhalb endlich der Hauptbogen (der Milchstraße) auf einer Strecke von ungefähr 120 Graden zweigetheilt ist: diese Ursache ist darin zu suchen, daß wir uns in einer außerordentlich weit sich erstreckenden und vergleichungsweise sehr dünnen Schicht befinden, und zwar nahezu in der Mitte derselben, und daß eine zweite Sterngruppe von derselben Gestalt mit der ersten etwa da zusammenstößt, wo unsere Sonne und folgeweise auch die Erde sich befinden.

Nehmen wir jetzt an, die Sterne seien in allen Theilen der Milchstraße gleichmäßig vertheilt. Nehmen wir ferner an, das Fernrohr des Beobachters habe hinreichende Stärke, um bis zu den äußersten Grenzen des Nebelringes zu dringen: so werden die linearen Dimensionen dieser Sterngruppe sich leicht aus den Sternzählungen Herschel's ergeben.

Die Anzahl der Sterne, welche das Instrument in jeder Richtung umfaßt, ist dem Inhalte eines geraden Kegels von 15 Minuten Oeffnung proportional, dessen Spitze im Auge des Beobachters, und dessen Grundfläche an der äußeren Grenze des Sternhaufens liegt. Nach einem sehr einfachen geometrischen Satze verhält sich dieser Inhalt wie die Cuben der Höhen jener einzelnen Kegel; folglich werden die Cubikwurzeln aus den durch die Sternaichungen gefundenen Zahlen mit den Abständen gleiches Verhältniß haben, welche von den äußeren Grenzen des Nebelringes bis zum Orte des Beobachters reichen. Hieraus folgt weiter, daß wenn man zum Beispiel die Entfernung der Erde von den ihr am nächsten stehenden Sternen als Einheit nimmt, die entsprechenden Abstände der Erde von den Grenzen der Milchstraße, je nachdem das Gesichtsfeld des Telescops mehr oder weniger Sterne zeigt, sich aus der folgenden Tabelle ergeben:

Abstände der äußersten Grenzen der Milchstraße von der Erde.	Anzahl der im Gesichtsfelde des Fernrohres beobachteten Sterne.
58	1
127	10
160	20
218	50
275	100
347	200
397	300
437	400
471	500
500	600

Man sieht hieraus, wie Herschel die Dimensionen der Milchstraße in den Richtungen bestimmen konnte, in welchen er seine Zählungen angestellt hatte. Er hat auf diese Weise, ohne das Gebiet directer Beobachtung zu verlassen, gefunden, daß die Milchstraße in gewissen Richtungen eine hundertmal weitere Ausdehnung besitzt, als in anderen; er konnte so einen Durchschnitt, und selbst ein körperliches Modell von dem weiten Nebelringe entwerfen, in welchem sich unser Sonnensystem befindet, von dem Nebelringe, wo unsere Sonne nur die Rolle

eines unbedeutenden Sternchens, die Erde aber die eines unmerklichen Staubkornes spielt! Allein Herschel's Berechnung ruhete auf der Voraussetzung, daß das Instrument des Beobachters die äußersten in der Milchstraße enthaltenen Sterne zu erreichen vermochte: eine Voraussetzung, deren Unrichtigkeit sich ergab, als er das anfänglich angewandte zwanzigfüßige Fernrohr mit seinem vierzigfüßigen Refractor vertauschte[13]. Die ersten Dimensionen also, welche der gefeierte Astronom von Slough für unsere Milchstraße gegeben hat, dürfen nur als erste Näherungswerthe angesehen werden.

Fünftes Kapitel.

Ist anzunehmen, daß die Milchstraße die Gestalt, in welcher sie uns erscheint, für alle Zeiten behalten werde, oder zeigen sich bereits Spuren von Veränderung oder Auflösung?

William Herschel hat durch tausend und aber tausend Beobachtungen unumstößlich festgestellt, daß der weiße Schimmer der Milchstraße zum bei weitem größten Theile von dicht gedrängten Sternen herrührt, die wegen ihrer Kleinheit und Lichtschwäche nicht gesondert erkennbar sind. Die diffuse Materie, welche in gewissen Verhältnissen den Sternen beigemengt ist, spielt hier eine Rolle, wie in mehreren auflöslichen Nebelflecken; doch ist diese Rolle offenbar untergeordneter Art.

Allenthalben fast, wo sich außerhalb der scheinbaren Grenzen der Milchstraße einander sehr nahe stehende Sterne unseren Blicken zeigen, haben wir zugleich ihre Tendenz bemerkt, sich um mehrere Mittelpunkte zu gruppiren; wir haben angeführt, daß ebenso wie den verschiedenen Körpern unseres Sonnensystemes, auch ihnen eine Attractionskraft beizuwohnen scheint, und daß diese Kraft in gewissen abgegrenzten Gruppen bereits sehr beträchtliche Wirkungen und Concentrationen herbeigeführt hat[14]. Warum sollten die Sterne des großen Nebelringes, zu welchen wir selber gehören, einer solchen Einwirkung weniger ausgesetzt sein, als die übrigen? Wenn einstmals eine gleichmäßige Vertheilung stattgefunden hat, so konnte dieser Zustand keine Dauer haben, und ist

täglich neuen Veränderungen unterworfen. Die Thatsachen bestätigen diese Folgerungen der Theorie: die Sterne der Milchstraße erscheinen keineswegs in allen ihren Theilen gleichmäßig vertheilt, es hat vielmehr Herschel mit Hülfe seiner Teleskope 157 deutlich abgegrenzte Gruppen unterscheiden können, welche im Kataloge der Nebelflecke aufgeführt sind, ohne dazu 18 ähnliche Gruppen zu rechnen, die an der Grenze, an den Rändern desselben Gürtels liegen.

Wer in einer dunkeln und recht klaren Nacht mit bloßem Auge den zwischen dem Schützen und dem Perseus gelegenen Theil der Milchstraße durchmustert, wird achtzehn Stellen bemerken, welche sich durch einen eigenthümlichen Lichtglanz besonders auszeichnen.

Ich will hier einige davon anführen:

Ein sehr glänzender Fleck befindet sich unter dem Pfeile des Schützen;

ein anderer, sehr glänzender, ist im Schilde des Sobiesky;

ein glänzender Fleck steht, mit geringer westlicher Abweichung, nördlich von den drei Sternen des Adlers;

eine schwache und langgestreckte Stelle folgt auf die Schultern des Schlangenträgers;

drei glänzende Stellen sind in der Nähe der Sterne α, β und γ Cygni sichtbar;

drei andere sind in der Gegend der Cassiopeja, und in diesem Sternbilde selbst zu erkennen;

einen sehr glänzenden Fleck findet man am Schwerdtgriffe des Perseus;

zwischen α und γ in der Cassiopeja endlich fällt eine sehr dunkle Stelle in die Augen.

Soweit die Milchstraße für das Fernrohr auflöslich erscheint, hat Herschel an keinem Theile deutlichere Spuren, und in größerem Maaßstabe, von einer Concentrationsbewegung der Sterne gefunden, als in dem Raume, der β und γ Cygni trennt. Die Aichung dieses Raumes, nach der oben beschriebenen Methode von Herschel vorgenommen, hat ergeben, daß auf einer Breite von ungefähr 5 Graden 330000 Sterne zu rechnen sind. Diese ungeheure Gruppe fängt bereits an, Spuren einer Theilung zu zeigen, indem 165000 Sterne nach der einen, die andere Hälfte nach der andern Seite sich hinzuziehen scheinen [15].

Alles scheint also die Ansicht des berühmten Astronomen zu rechtfertigen, wonach im Laufe der Jahrhunderte die Verdichtungskraft (the clustering power) unvermeidlicher Weise eine Zerreißung der Milchstraße, eine Trennung und Versetzung ihrer einzelnen Theile herbeiführen wird.

Sechstes Kapitel.

Milchstraßen höherer Ordnung. — Ihre Entfernungen von der Erde.

Wir wollen annehmen, daß die Sterne des Nebelringes, welcher in seiner Ausdehnung durch den nahe kreisförmigen Gürtel der Milchstraße gebildet wird, im Ganzen genommen analoge Abstände untereinander haben, wie die nächsten unter ihnen von der Sonne oder Erde. Bei dieser sehr natürlichen Voraussetzung werden die entferntesten unter diesen Sternen wenigstens fünfhundertmal weiter von uns abstehen, als die zunächststehenden (4. Kap. S. 14). Da bei den letzteren das Licht ungefähr drei Jahre braucht, um zu uns zu gelangen*), so kann das Licht der entferntesten erst in 1500 Jahren unser Auge erreichen. Der doppelte Betrag, also 3000 Jahre werden nöthig sein, damit ein Lichtstrahl von einem Ende der Milchstraße bis zur entgegengesetzten Grenze gelange.

Die Fortschritte der Astronomie sind Jahrhunderte lang durch ein der menschlichen Eitelkeit entsprossenes Vorurtheil aufgehalten worden; hüten wir uns, in Betreff unseres Nebelringes in denselben Irrthum zu verfallen. Wo ist der Grund, denselben für besonders ausgezeichnet zu halten, und den Gedanken zu hegen, die Sonne müsse nothwendigerweise zur vornehmsten Sterngruppe gehören, welche den Himmelsraum erfülle? Wir haben im Gegentheile, nach der großartigen Auffassung Lambert's, uns vorzustellen, daß der gestirnte Himmel den Inbegriff einer großen Anzahl von mehr oder weniger ausgedehnten und mehr oder weniger entfernten Milchstraßen darbiete, und können demzufolge untersuchen, bis zu welchem Abstande ein Nebelfleck, welcher

*) Siehe das 9. Buch S. 437 des ersten Bandes d. Astr.

dieselben Dimensionen, wie unsere Milchstraße besitzt, entrückt werden müßte, um unter einem Gesichtswinkel von 10 Minuten zu erscheinen.

Damit ein Gegenstand einem Gesichtswinkel von 10′ entspreche, muß er 334 Mal so weit vom Beschauer entfernt sein, als seine Dimensionen betragen. Die Längenerstreckung der Milchstraße ist so groß, daß das Licht mindestens 3000 Jahre braucht, um diese Strecke zurückzulegen. Wenn also die Milchstraße um den 334fachen Betrag dieser Entfernung von uns abstände, so würde sie von der Erde aus unter einem Winkel von 10′ gesehen werden, und ihr Licht würde, um bis zu uns zu gelangen, 334 Mal 3000 oder 1002000 Jahre, also etwas mehr als eine Million Jahre unterwegs sein.

So groß ist nicht unwahrscheinlicher Weise die Entfernung verschiedener Sternhaufen, welche wir in ihrer ganzen Ausdehnung im Gesichtsfelde unserer Teleskope erblicken [16].

Anmerkungen der deutschen Ausgabe.

Zum zwölften Buch.

1. S. 4. Kosmos Bd. III. S. 185—187. Humboldt schloß sich in dieser Beschreibung sehr nahe der Darstellung an, welche Sir John Herschel in den Outlines S. 528—531 vom Laufe der Michstraße gegeben hat.

2. S. 5. Manilius im ersten und zweiten Buche des Astronomicon. Er schrieb kurze Zeit vor Anfang unserer Zeitrechnung. In Betreff der Fabeln über die Milchstraße kann man Ovid (Metam. I.) und andere Dichter des Alterthums nachlesen.

3. S. 6. Aristoteles im ersten Buche der Meteorologie, Kap. 8; vergl. Montucla Hist. I. S. 151 und Lalande Astronomie, 3. édit. Vol. I. S. 271. Gegen diese Auffassungsweise haben sich indessen schon des Aristoteles' Commentatoren erklärt.

4. S. 7. Makrobius im Com. in Somnium Scip. I. c. 15. Der oben erwähnte Oenopides stammte aus Chios: von ihm besitzen wir die älteste geometrische Schrift, welche Theon aufbewahrt hat.

5. S. 8. Vergl. Struve's Etudes d'Astron. stellaire, Pétersb. 1847. S. 4. Nr. 3, wo diese Darstellung von Keppler's Ansichten gegeben wird; die Milchstraße hielt Keppler übrigens für einen Ring. Man sehe auch Apelt: Joh. Keppler's astronomische Weltansicht. Leipzig 1849, S. 23, 24.

6. S. 9. Thomas Wright gelangte zu diesen Vorstellungen bereits um's Jahr 1743; dieselben gründeten sich auf Nachforschung am Himmel mit einem Spiegel-

teleskope von einem Fuß Brennweite. Outlines of Astron. S. 527 in der Anm. und danach Kosmos III. S. 213, Anm. 92.

7. S. 9. In der That erwähnt Kant in der Vorrede zu seiner Allgemeinen Naturgeschichte und Theorie des Himmels, er habe Wright's Ansichten durch Auszüge in den Hamburg'schen freien Urtheilen vom Jahre 1751 kennen gelernt. Die betreffende Schrift von Wright: Theorie of the Universe, London 1750, 4°, ist äußerst selten; über den Inhalt derselben hat neuerdings de Morgan im Philos. Magaz. berichtet.

8. S. 9. Immanuel Kant's Werke, in der Gesammtausgabe von Hartenstein, Leipzig 1838. Bd. VIII. S. 252.

9. S. 9. Außer der in Anm. 7. genannten Schrift von Wright kennt man noch folgende zwei von demselben Verfasser: The use of the Globes, London 1740, und Clavis coelestis, London 1742. Weder Lalande noch Delambre (in der Geschichte der Astronomie des 18. Jahrhunderts) erwähnen des Thomas Wright.

10. S. 10. Lambert's Cosmologische Briefe erschienen nicht in Leipzig, wie der französ. Text sagt, sondern in Augsburg. Die angeführte Stelle lautet bei Lambert (S. 128) etwas verschieden; seiner Ansicht zufolge ist nämlich das ganze System „nicht sphärisch, sondern flach, ungefähr wie eine Scheibe, deren Durchmesser vielfach länger als ihre Dicke ist."

11. S. 10. Schon im Annuaire des Längenbureau für 1842 hat Arago sein Befremden über den Umstand geäußert, daß Lambert der sechs Jahre älteren Untersuchungen Kant's nicht erwähnt habe, sowie daß William Herschel, neunundzwanzig Jahre später, weder Kant's Naturgeschichte noch Lambert's Briefe gekannt habe. Für Lambert's Stillschweigen findet Struve (Astr. stell. S. 21) die Erklärung in dem damals so unvollkommenen literarischen Verkehr, aber der Grund ist vielmehr in dem Schicksale zu suchen, welches Kant's Werk bei seinem Erscheinen im Jahre 1755 hatte. Weil der Buchhändler noch während des Drucks fallirte, gelangte das Buch weder an den König, Friedrich II., dem es gewidmet war, noch in den Verkehr überhaupt. Das Waarenlager wurde gerichtlich versiegelt. Was William Herschel betrifft, so zeigt er in seinen Abhandlungen überhaupt von deutschen Büchern selten besondere Kenntniß.

12. S. 11. Dies ist von der ganzen Himmelsfläche nur der $^1/_{833000}$ Theil.

13. S. 15. Zu diesen Untersuchungen hatte Herschel ein 20füßiges Spiegelteleskop von 18zölliger Oeffnung, mit 180facher Vergrößerung angewandt. Eine äußerst gründliche Analyse der Arbeiten Herschel's zur Erforschung der wahren Construction der Milchstraße hat Struve in den Etudes stell. aufgestellt. Es wird an diesem Orte aus Herschel's späteren Arbeiten nachgewiesen, daß er von den ursprünglichen Vorstellungen, die vom Jahre 1784 und 1785 herrühren, und auf welche Arago Bezug nimmt, gänzlich abgewichen sei, sobald er erkannt hatte, daß die Vertheilung der Sterne im Raume keineswegs gleichförmig ist.

14. S. 15. Im ersten Bande dieser Astronomie, 11. Buch, Kap. 15.

15. S. 16. Vergl. über diese Vermuthung Herschel's den Jahrgang 1842 des Annuaire S. 459 und Kosmos Bd. I. S. 156.

16. S. 18. Es muß in hohem Grade befremden, daß Arago in diesem Buche der neueren Untersuchungen über die Milchstraße von Struve und Sir John Herschel mit keinem Worte gedenkt, welche ihm doch der Zeit nach wohl bekannt sein mußten. Letzterer hat die Sternaichungen auch über den südlichen Himmel ausgedehnt, und zwar in mehr systematischer Weise, als es von William Herschel geschehen war. Die Ergebnisse dieser Beobachtungen und die Resultate, welche Sir John Herschel daraus für die Anordnung der Sterne im Milchstraßensysteme zieht, können in dieser Anmerkung nicht mitgetheilt werden; man muß deßhalb die Capbeobachtungen selbst, oder wenigstens Herschel's Outlines nachsehen.

Dreizehntes Buch.

Eigene Bewegung der Sterne und Ortsveränderung unseres Sonnensystems.

Erstes Kapitel.

Eigene Bewegung der Sterne.

Die Sterne haben den Namen Fixsterne zu einer Zeit erhalten, wo die Meinung allgemeine Geltung hatte, daß ihre relativen Stellungen sich niemals veränderten. In der That behielten für diejenigen, welche den Himmel nur mit unbewaffnetem Auge beobachteten, die verschiedenen Constellationen beständig dieselbe Größe und dieselbe Gestalt. Einige Astronomen hatten eine Bestätigung dieser Ansicht darin gefunden, daß sie auf Himmelsgloben, die nach den ältesten Katalogen angefertigt waren, verschiedene Combinationen dreier Sterne anmerkten, welche genau in einem und demselben größten Kreise der Kugel und deßwegen scheinbar in gerader Linie lagen: sie überzeugten sich dann, daß dieselbe geradlinige Beziehung auch zu ihrer Zeit noch stattfand. So führt Riccioli in seiner Astronomia reformata[1]) fünfundzwanzig solcher Combinationen dreier Sterne an, welche gerade Linien bilden, zum Beispiel: Capella, der vorangehende Fuß des Fuhrmanns, und Aldebaran; Castor, Pollux und der Hals der Wasserschlange; die südliche Waagschale, Arctur und der mittlere Stern im Schwanze des Großen Bären, u. s. w. Aber alle diese Bestimmungen waren nichts mehr, als rohe Annäherungen. Es steht jetzt fest, daß gewisse Sterne eine eigene scheinbare Winkelbewegung von meßbarer Größe haben, daß sie ihre gegenseitigen Stellungen keineswegs beibe-

halten, daß sie sogar, im Laufe der Zeit, aus den Sternbildern heraustreten werden, in denen sie heute stehen, daß folglich der Name der festen oder Firsterne ihnen nicht gebührt.

Ich will einige von den Sternen hier namhaft machen, deren jährliche Eigenbewegung mit der meisten Genauigkeit bestimmt worden ist.

Bei der Anordnung dieser Sterne in der folgenden Tabelle bin ich dem Betrage der beobachteten jährlichen Eigenbewegung gefolgt[2]):

Name des Sterns.	Größe.	Eigene Bewegung.
Nr. 2151 im Schiffe	6	7″871
ε im Inder	5.6	7,740
Nr. 1830 des Kataloges der Circumpolarsterne von Groombridge auf der Grenze zwischen den Jagdhunden und dem Großen Bären	7	6,974
Der Doppelstern 61 im Schwan	5.6	5,123
Der Doppelstern δ im Eridanus	5.4	4,080
μ in der Cassiopeja	5	3,740
α im Centaur	1	3,580
Arctur	1	2,250
Sirius	1	1,234
ι im Großen Bären	3.4	0,746
Capella	1	0,461
Wega	1	0,400
Aldebaran	1	0,185
Polarstern	2	0,035

Es lag sehr nahe zu vermuthen, die Eigenbewegungen der glänzenden Sterne möchten beträchtlicher sein, als bei den schwächeren Sternen. In vielen Fällen hat sich diese Voraussetzung allerdings bewahrheitet, allein merkwürdiger Weise finden gerade die stärksten eigenen Bewegungen, die wir kennen, bei sehr wenig lichtstarken Sternen statt, und man kann die Behauptung aufstellen, daß bei keinem Sterne erster Größe die eigene Bewegung mit der Geschwindigkeit derjenigen Sterne von der sechsten und siebenten Größe verglichen werden kann, welche an der Spitze der eben gegebenen Tabelle stehen.

Die Astronomen haben bis vor wenigen Jahren angenommen, die eigene Bewegung jedes Sternes gehe in unveränderter Richtung oder in gerader Linie und mit gleichförmiger Geschwindigkeit vor sich. Die Richtigkeit dieser theoretischen Betrachtung ist neuerdings angefochten worden, wenigstens in Bezug auf Procyon und Sirius. Bei genauer Untersuchung der Positionen, welche sich aus Beobachtungen zu passend gewählten Zeiten für diese Sterne ergaben, hat Bessel sowohl in der Geschwindigkeit der eigenen Bewegung, als auch in der Richtung derselben, bei beiden Sternen auffallende Unregelmäßigkeiten zu bemerken geglaubt, und ist dadurch auf die Annahme geführt worden, daß Sirius und Procyon, nach Art der Doppelsterne, sich um dunkle, sehr nahe liegende Attractionscentra bewegen. Struve, der gleichfalls eine Autorität in der Astronomie ist, hat gegen die von dem damaligen Director der königsberger Sternwarte erhaltenen Resultate Zweifel geltend gemacht. Weitere Beobachtungen müssen nun über diese Frage entscheiden [3]).

Wir haben früher*) für einige Sterne die muthmaßlichen Entfernungen von der Erde angegeben. Berechnet man hiernach für dieselben Sterne in deutschen Meilen die Größe der eigenen Bewegung, die wir eben in Bogensecunden ausgedrückt haben, so ergeben sich die folgenden Zahlen, auf welche wir die Aufmerksamkeit des Lesers insbesondere lenken:

Name des Sternes.	Geschwindigkeit der Bewegung während einer Zeitsecunde [4]).
Arctur	10,7 Meilen.
61 im Schwan	8,9 "
Capella	5,2 "
Sirius	4,9 "
ι im Großen Bären	3,4 "
α im Centaur	2,4 "
Wega oder α Leyer	0,9 "
der Polarstern	0,2 "

Man sieht also, daß gerade die Körper, welche man in dem Weltall, wo Alles sich bewegt, als Beispiele der Unbeweglichkeit an-

*) Im 32. Kap. des 9. Buches, siehe Seite 374 des ersten Bandes d. Astr.

führen zu können glaubte, die größten Geschwindigkeiten besitzen, welche man bisher bei materiellen Körpern gefunden hat. Und dabei hat man sich zu erinnern, daß die in vorstehender Tabelle enthaltenen Zahlen sich nur auf die relativen Ortsveränderungen der Sonne und der verschiedenen Sterne beziehen, und keineswegs die absoluten Werthe der eigenen Bewegungen jener Himmelskörper ausdrücken, die man so uneigentlich Fixsterne nennt. Vielmehr geben sie nur den Betrag dessen, was man erhält, wenn man sich die Geschwindigkeiten der Sterne auf eine eingebildete Kugel projicirt denkt, und jene Bewegungen, deren Schnelligkeit die Einbildungskraft sich nur schwer vorzustellen vermag, bleiben uns sowohl ihrer Richtung, als ihrer wahren Größe nach unbekannt.

Zweites Kapitel.

Historische Notizen über die Entdeckung der eigenen Bewegung der Sterne.

Zuerst hat Halley im Jahre 1718 bei Aldebaran, Sirius und Arctur eine eigene Bewegung vermuthet. Die unvollkommenen Breitenbeobachtungen, welche von Aristill und von Timochares, von Hipparch und von Ptolemäus herrühren, und welche damals die einzig möglichen Vergleichungsmomente darboten, konnten indessen bei dem gefeierten englischen Astronomen nur einfache Vermuthungen über diesen Gegenstand rechtfertigen[5]).

Bald aber wurde dieses Ergebniß durch die volle Autorität der mit Fernröhren angestellten Beobachtungen bestätigt. Jacob Cassini verglich die Breite des Arctur, welche Richer im Jahre 1672 in Cayenne erhalten hatte, mit den Bestimmungen, die sich aus den analogen bis 1738 in Paris ausgeführten Arbeiten ergaben, und fand dabei eine Ortsveränderung des Sternes, welche keinem Zweifel unterworfen schien[6]).

Rührte nun diese Ortsveränderung etwa von einer unbekannten Schwankung der Ekliptik her? Dieser Zweifel konnte um so begründeter erscheinen, als die Lage der Sterne zu allen Zeiten auf diese Ebene bezogen worden war. Jacob Cassini entschied die Schwierigkeit in

schlagender Weise: während die Breite des Arctur in 152 Jahren um 5 Minuten sich geändert hatte, war der nahe stehende Stern η im Bärenhüter nicht von der Stelle gerückt. Eine Verrückung aber der Beziehungsebene hätte für beide Sterne dieselbe scheinbare Bewegung ergeben müssen.

Halley hatte blos die Aenderungen in der Breite in Betracht gezogen; Cassini dagegen fügte die Untersuchung der Längenänderungen hinzu. Die eigenen Bewegungen schienen in dieser Richtung nicht minder evident. Das Sternbild des Adlers lieferte ein schlagendes Beispiel, welches zu gleicher Zeit von Cassini und von dem Geschichtschreiber der Akademie hervorgehoben wurde. Fontenelle sagt:

„Im Adler befindet sich ein Stern (α Aquilae), der, wenn Alles so fortgeht, nach vielen Jahrhunderten einen andern Stern im Westen haben wird, welcher jetzt östlich steht."

Tobias Mayer, einer der hervorragendsten Männer des vorigen Jahrhunderts, machte gleichfalls die Frage der Eigenbewegung der Fixsterne zum Gegenstande seiner fleißigen Untersuchungen. Im Jahre 1760 übergab er der königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen eine Abhandlung über die Vergleichung der von ihm selbst 1756 angestellten Beobachtungen mit den Beobachtungen Römer's, die um ein halbes Jahrhundert älter waren. Bis zu Mayer's Arbeiten hatten die Astronomen nur wenige Hauptsterne der Untersuchung und Berechnung unterworfen; bei Mayer aber steigt die Zahl der Vergleichungen schon auf achtzig[7]).

Drittes Kapitel.

Mittelpunkt um welchen die Sterne sich bewegen.

Schon Lambert hatte in seinen 1761 erschienenen Cosmologischen Briefen die Annahme discutirt, daß die Sterne in ungeheuren Bahnen sich um unbekannte Centra bewegen. Er sah diese allgemeine Centralbewegung als das einzige Mittel an, um zu einem für die Erhaltung des Weltbaues nöthigen dynamischen Beharrungszustande zu gelangen. Ein sehr verdienstvoller Astronom, Herr Mädler,

gegenwärtig Director der Sternwarte zu Dorpat, glaubt, daß man die Lage des Centrums, um welches sich fast alle sichtbaren Sterne bewegen sollen, angeben könne, und findet diesen Mittelpunkt in der Gruppe der Plejaden. Diese Annahme gründet Mädler auf die Discussion einer sehr großen Zahl von beobachteten eigenen Bewegungen; allein bis jetzt hat seine Theorie nicht vielen Beifall unter den Astronomen gefunden. Sir John Herschel unter Anderen hat ihr die vielleicht etwas willkürliche Behauptung entgegengestellt, daß, wenn eine allgemeine Umdrehungsbewegung stattfinde, dieselbe parallel zur Ebene der Milchstraße vor sich gehen müsse[8]).

Viertes Kapitel.

Beziehung zwischen der eigenen Bewegung des Sonnensystems und den Bewegungen der Fixsterne.

Wenn die Sonne ihren Ort im Raume verändert, begleitet von dem ganzen Gefolge der um sie als Mittelpunkt kreisenden Planeten, und wenn die Entfernung der Fixsterne von der Erde nicht als unendlich groß anzusehen ist in Bezug auf den Betrag der jährlichen Bewegung der Sonne, so werden daraus in den Positionen der Gestirne jährliche Veränderungen hervorgehen, welche man parallaktische nennen darf, und welche sowohl hinsichtlich ihrer Richtung als ihrer Größe von der Richtung und der Größe der Sonnenbewegung abhängen müssen. Die Bewegung der Erde um die Sonne kann hierbei ganz außer Acht gelassen werden.

Da die Beobachtungen ergeben, daß die Eigenbewegungen der Fixsterne in sehr verschiedenen Richtungen vor sich gehen, so können sie offenbar nicht sämmtlich ihre Erklärung in dem Umstande finden, von welchem hier die Rede ist; es muß, schließen wir, Sterne geben, welche wirkliche, eigenthümliche Veränderungen erleiden, die von den parallaktischen Veränderungen gänzlich unabhängig sind: das ist ein erstes, völlig feststehendes Factum. In der That scheint es, wenn alle Richtungen der Bewegung in gleicher Weise möglich sind, als müsse jede Region des Himmels, bei Voraussetzung der Unbeweglichkeit der

Sonne, zu gleicher Zeit und in nahe gleicher Anzahl Sterne enthalten, die nach Nord, nach Süd, nach Ost, nach West u. s. w. fortrücken. Denken wir uns jetzt mitten unter diesen nach allen Richtungen sich bewegenden Gestirnen einen gleichfalls sich bewegenden Beobachter, und nehmen an, daß derselbe beständig in derselben Linie fortrücke. Die Bewegung dieses Beobachters wird bei den Sternen perspectivische Veränderungen erzeugen, die wir oben parallaktische genannt haben, und die von der Größe und von der Richtung jener mitgetheilten Bewegung abhängen. Die Beweglichkeit des Beobachters stört die Einförmigkeit, die Regelmäßigkeit, welche ohne diesen Umstand die Erscheinung am Firmamente befolgt haben würde.

Man begreift also, daß wenn die Sonne selber fortrückt, parallaktische Bewegungen eintreten und mit den wirklichen Bewegungen sich combiniren müssen. An gewissen Stellen werden die ersteren die letzteren aufheben, so daß die betreffenden Sterne unbeweglich scheinen; bei anderen werden beide Ursachen zugleich wirken und die Sterne in der That ihren Ort mehr oder minder beträchtlich zu verändern scheinen.

Dabei wird das Hinzutreten der scheinbaren Verrückung zur Folge haben, daß statt der dem Sterne wirklich inwohnenden Bewegung eine davon ganz verschiedene beobachtet wird.

Die Bewegungen der Gestirne, welche unter Voraussetzung der Unbeweglichkeit der Sonne oder der Erde in gleicher Weise nach allen Richtungen hin erfolgen zu müssen scheinen, werden dieser Bedingung nicht mehr unterworfen sein. Bewegt sich die Sonne, so muß die parallaktische Bewegung durch ihre Vermischung mit der wirklichen die ursprüngliche Gleichförmigkeit stören, und sich in der Gesammtheit der scheinbaren Bewegungen so zu sagen abspiegeln. Dieser Einfluß wird bei den Sternen, denen die Sonne sich nähert, oder von denen sie sich entfernt, am größten sein, und für die übrigen Regionen allmälich immer mehr abnehmen, je mehr ihr Winkelabstand von den ersteren beträgt.

Diese Betrachtungen mögen eine Vorstellung geben, welche Schwierigkeiten die Untersuchung über die Richtung, nach welcher die Sonne sich bewegt, darbietet.

Kurz es muß die Wirkung der eigenen Bewegung der Sonne in

der Vergrößerung der Dimensionen der Sternbilder, nach welchen hin die Bewegung gerichtet ist, und in der Verkleinerung der Constellationen von entgegengesetzter Lage, bestehen.

Es ist klar, daß bei dieser Untersuchung nur der in der Gesammtheit sich kund gebende Charakter den Ausschlag geben kann, und daß Ausnahmen, welche wegen ihrer Größe von wirklichen und außerordentlichen Eigenbewegungen abhängen müssen, nicht berücksichtigt werden dürfen.

Fünftes Kapitel.

Historische Angaben über die Entdeckung der Translationsbewegung unseres Sonnensystems.

Schon Fontenelle hat bei Gelegenheit des Berichtes über Cassini's Beobachtungen der eigenen Bewegungen der Sterne, folgenden Ausspruch gethan: „Alle Fixsterne sind ebenso viele Sonnen, deren jede, wie unsere Sonne, Mittelpunkt ihres Wirbels ist; jedoch verdienen sie diesen Namen nur in relativem Sinne, sofern dieselben sich wieder um einen anderen allgemeinen Centralpunkt bewegen können. Unsere Sonne selbst ist möglicherweise einer solchen Bewegung unterworfen."

Der zweite Name, welchen ich in diesem geschichtlichen Ueberblicke anzuführen habe, ist der Bradley's. Zwar gehört hierher nur eine Conjectur des großen Beobachters, allein sie ist seines Genies nicht minder würdig.

Am Schlusse der ewig denkwürdigen Abhandlung über die Nutation (1748) stehen Worte, die in der Uebersetzung also lauten [9]):

„Wenn man erkennt, daß unser Planetensystem seinen Ort im absoluten Raume verändert, so kann daraus in der Zeitfolge eine scheinbare Variation in der Winkeldistanz der Fixsterne sich ergeben. Da nun in diesem Falle die Position der uns näheren Gestirne mehr als die der entfernteren betheiligt ist, so werden die relativen Stellungen beider Classen von Gestirnen zu einander verändert scheinen, obgleich eigentlich alle unverändert geblieben sind. Wenn dagegen unser Sonnen-

system in Ruhe ist und einige Sterne sich wirklich bewegen, so werden sich auch ihre scheinbaren Positionen verändern, und zwar um so mehr, als die Bewegungen schneller sind, als die Sterne in einer günstigern Lage und in kleinerer Entfernung von der Erde sich befinden. Die Veränderung der relativen Positionen kann von einer so großen Zahl von Ursachen abhängen, daß vielleicht viele Jahrhunderte hingehen werden, ehe man das Gesetzliche erkennt."

Tobias Mayer sagt in seiner Abhandlung über die eigenen Bewegungen der Fixsterne: „Von den beobachteten Bewegungen lassen sich einige sowohl durch die Annahme erklären, daß diese Sterne selbst ihren Ort verändern, als dadurch, daß man voraussetzt, die Sonne mit den sie umkreisenden Planeten verändere beständig ihren Ort im Raume" [10]. Er unterließ nicht hinzuzufügen, daß bei letzterer Annahme, wo die Veränderungen der Sterne blos als Wirkungen der Parallaxe, als einfache Folge von der Bewegung der Sonne im Raume erscheinen, die Constellationen, nach denen hin diese Bewegung gerichtet ist, nach und nach vergrößerte Dimensionen erhalten müssen, während die entgegengesetzten Sternbilder kleiner werden. Der gelehrte Astronom braucht den Vergleich mit „einem Walde, wo die Bäume in der Richtung, welche der Wanderer verfolgt, sich allmählig immer weiter von einander zu entfernen scheinen, während im Gegentheile die hinter ihm befindlichen Bäume in demselben Verhältnisse näher zusammenrücken." Man sieht übrigens deutlich, daß Mayer nur die Möglichkeit andeuten wollte, die eigene Bewegung der Sterne aus einer angenommenen Ortsveränderung der Sonne zu erklären, daß er aber selbst nicht an das Stattfinden dieser Erklärung glaubte.

Zu jener Zeit war man bereits über die Kleinheit der jährlichen Parallaxe hinreichend unterrichtet, um daraus in Verbindung mit gewissen photometrischen Betrachtungen schließen zu dürfen, daß die Sonne selbst, in die Region der Sterne versetzt, an Größe und Glanz nur als ein Stern erscheinen würde. Da nun die Sterne eigene Bewegungen hatten, so lag es sicherlich sehr nahe, eine solche Bewegung auch bei der Sonne zu vermuthen. Ich finde, daß Lambert an das Vorhandensein dieser Bewegung glaubte, und berufe mich dabei auf folgende bemerkenswerthe Stelle aus der 1770 verfaßten Schrift Me-

rian's über das Weltsystem, welcher die Ideen seines Freundes Lambert zu Grunde liegen[11]): „Da die scheinbare Verrückung der Sterne eben sowohl von der Bewegung der Sonne, als von ihrer eigenen Bewegung abhängt, so bietet sich hierin vielleicht ein Mittel dar, um die Region des Himmels, nach welcher die Bewegung der Sonne gerichtet ist, zu ermitteln."

Lalande schrieb im Jahre 1776: „Die Ursache der Rotationsbewegung der Sonne ist in einem Impulse zu suchen, dessen Richtung nicht durch den Schwerpunkt des Sonnenkörpers ging; eine so gerichtete Kraft aber erzeugt nicht allein eine Umdrehungsbewegung, sie hat ebenso nothwendig eine fortschreitende Bewegung zur Folge, und wir können uns der Annahme einer solchen nicht entziehen, wenn wir uns vorstellen, daß die Sonne, nachdem sie bereits zu ihrer gegenwärtigen Gestalt verdichtet war, einen Stoß empfangen hat, welcher ihr die Rotationsbewegung mittheilte[12])."

Alles, was Lalande an dieser Stelle sagt, ist Wort für Wort richtig; nur muß ich hinzufügen, daß seine Auffassung weder die Lobsprüche verdiente, welche ihr von Herschel und anderen Astronomen gespendet wurden, noch den großen Werth besaß, welchen Lalande selber ihr beilegte. Denn hatte nicht schon Johann Bernoulli durch Rechnung gefunden, in welcher Entfernung vom Mittelpunkte bei der Erde, dem Monde und dem Mars, sofern man sie als homogene Kugeln voraussetzt, zu Anfange der Dinge Impulsionskräfte wirken mußten, um diesen Himmelskörpern die Rotations- und die Translationsbewegungen mitzutheilen, welche wir an ihnen wahrnehmen[13])?

Sechstes Kapitel.

Richtung der Translationsbewegung des Sonnensystems.

Die Frage über die fortschreitende Bewegung, mit welcher unser eigenes Sonnensystem die Himmelsräume durcheilt, stützte sich fast ausschließlich auf Vermuthungen, als William Herschel zu Anfange des Jahres 1783 sich zum ersten Male mit derselben beschäftigte.

Aus der sehr beschränkten Anzahl der zu jener Zeit bekannten Eigenbewegungen leitete er die Lage des Punktes am Himmel ab, nach welchem hin sich die Sonne mit ihrem Gefolge von Planeten bewegt. Er fand, daß unser Sonnensystem nach dem Sterne λ im Sternbilde des Herkules sich bewegt, oder genauer noch in einem Punkte, dessen Rectascension für 1783 257°, dessen südliche Declination 25° betrug. Dieses Resultat konnte nur als wahrscheinlich angesehen werden, weil ihm die Voraussetzung zu Grunde lag, daß die eigenen Bewegungen der Sterne gleichmäßig nach allen Richtungen hin stattfänden. Allein die Folgerung, welche man aus der Discussion der Beobachtungen im Ganzen ziehen kann, ist sicher: die Constellation des Herkules scheint sich von Jahr zu Jahr zu erweitern, während gleichzeitig die entgegengesetzten Sternbilder sich allmählig zusammenziehen.

Zwei Jahre nach Herschel's schöner Arbeit fand Prévot bei Untersuchung desselben Gegenstandes für die Coordinaten des Punktes, nach welchem die Bewegung der Sonne gerichtet ist, Werthe, welche in Bezug auf die Declination von den eben aufgeführten Resultaten kaum abwichen, während der Unterschied in der Rectascension auf 27° stieg [14].

Später hat Argelander, Director der bonner Sternwarte, zu demselben Zwecke Anfang 1837 eine Anzahl von 390 Fixsternen auf ihre Eigenbewegung untersucht, und für die Lage des Punktes am Himmel, nach welchem die Sonne sich hin bewegt, gefunden:

	Rectascension.	Nördl. Declination.
Für 1792 . . .	260° 46,6	31° 17′7
„ 1800 . . .	260 50,8	31 17,3

Der Punkt, welcher diesen Coordinaten entspricht, liegt in geringer Entfernung von einem Sterne sechster Größe, der im Piazzi'schen Sternverzeichnisse mit Nr. 143 der XVII. Stunde bezeichnet ist.

Lundahl hat durch Rechnungen, welche sich auf die Eigenbewegungen von 147 Fixsternen gründen, für das Jahr 1790 die Werthe erhalten:

Rectascension.	Nördl. Declination.
252° 53′	24° 26′

Otto Struve führt gleichfalls für 1790 als das Ergebniß

einer sehr sorgfältigen Discussion der Eigenbewegungen von 392 Sternen folgende Werthe derselben Coordinaten an:

Rectascension.	Nördliche Declination.
261° 12′	37° 36′ [15])

Die Uebereinstimmung, welche alle diese auf verschiedenen Wegen erhaltenen Resultate zeigen, scheint einer nach dem Sternbilde des Herkules gerichteten eigenen Bewegung der Sonne den Charakter der Gewißheit zu verleihen. Mit noch größerer Sicherheit geht diese Folgerung aus den Rechnungen Galloway's hervor, die in den Philosophical Transactions für 1847 veröffentlicht sind. Dieser Astronom hat nämlich die Eigenbewegungen von 81 Sternen untersucht, welche hauptsächlich am Südhimmel sichtbar sind, und bei den von William Herschel und später durch Argelander und Otto Struve unternommenen Bestimmungen nicht angewendet worden waren, und erhielt dabei als Resultat, daß die eigene Bewegung der Sonne ihre Richtung nach einem Punkte des Firmaments nimmt, welcher für 1790 die Coordinaten hatte:

Rectascension.	Nördl. Declination.
260° 1′	34° 23′

Wenn man diese Werthe der Coordinaten für den Punkt der Himmelskugel, nach welchem die Sonne sich hinbewegt, auf 1850 reducirt, so ergibt sich daraus:

	Rectascension.	Nördl Declination.
Nach Argelander . . .	258° 23′6	28° 45′6
„ Struve	261 52,6	37 33,0
„ Galloway	260 33,0	34 20,0
im Mittel	260° 19′7	33° 32′9

Wenn die Richtung der fortschreitenden Bewegung unsers Sonnensystems mit einem gewissen Grade der Annäherung bestimmt ist, so bleibt noch die Geschwindigkeit, mit welcher jene Bewegung stattfindet, zu ermitteln. Struve berechnet, daß ein Beobachter, der in der mittleren Entfernung der Sterne zweiter Größe steht, die Sonne sich mit einer jährlichen Winkelgeschwindigkeit von 0″34 bewegend erblickt, und Peters hat weiter gefunden, daß ebenderselben Sterndistanz eine Parallaxe von 0″209 entspricht. Aus diesen Zahlen würde

folgen, daß die absolute Geschwindigkeit der Sonne, wie sie sich mit ihrem Gefolge von Planeten nach der Constellation des Herkules hin durch den Himmelsraum fortbewegt, in einer Secunde etwa eine Meile betrüge.

Siebentes Kapitel.

Ursache der eigenen Bewegungen der Fixsterne.

Herschel verließ keinen Gegenstand, den er seiner Untersuchung unterworfen, ohne ihn nach allen Seiten hin erwogen und ohne seine Forschungen so weit ausgedehnt zu haben, als es der dermalige Stand der Wissenschaft verstattete. Es ist demnach nicht zu verwundern, daß nach der erlangten Erkenntniß, die Sonne sei im Raume nicht unbeweglich, Herschel den Wunsch hegte, die Bewegung dieses Gestirnes, wie sie sich aus der Gesammtheit der Beobachtungen ergab, aus der von irgend einer Sterngruppe ausgehenden anziehenden Wirkung abzuleiten.

Beim ersten Ueberschlage der Rechnung scheint es, als ob die Untersuchung zu einem negativen Resultate führen müsse. In der That, wenn wir uns unter dem Sirius einen der Sonne gleichen Stern denken, und seine jährliche Parallaxe zu einer halben Secunde veranschlagen, so können wir berechnen, um wieviel die Sonne vermöge der Wirkung jenes Sternes in einem Jahre sich verrücken werde. Diese Verrückung nun ist so klein, daß sie, aus der Entfernung des Sirius ohne perspectivische Verkürzung gesehen, unter einem Winkel erscheinen würde, welcher noch nicht den fünfhundertmillionsten Theil einer Secunde beträgt. Und doch bewegt sich Sirius, von der Erde aus gesehen, in einem Jahre um mehr als eine Secunde (siehe das 1. Kap. S. 22). Die Wirkung eines einzigen Sternes auf die Sonne ist also viel zu gering, um die Beobachtungen zu erklären.

Könnten aber nicht vielleicht ganze Gruppen von Sternen eine hinreichende Wirkung üben, um die Translation des Sonnensystems zu erklären? Herschel forschte, ob sich am Himmel ein Aufschluß über diese Frage finden ließe, und faßte einen kleinen weißlichen Nebelfleck

in's Auge, der 1714 von Halley zwischen ζ und η im Herkules entdeckt worden war*). Niemand hatte vor Herschel einen Stern in diesem Nebel unterschieden, sein 20füßiges Teleskop zeigte aber, daß man darin mehr als 14000 einzelne Sterne zählen könnte.

In einiger Entfernung von diesem ersten Sternhaufen steht ein zweiter von Messier im Jahre 1781 aufgefundener Nebelfleck, in welchem das große Teleskop gleichfalls die Existenz einer Menge von dicht zusammengedrängten Sternen nachwies.

Ohne Zweifel ist von etwa 30000 Sternen noch ein weiter Abstand bis zu dem, was nöthig wäre, um in unserem Sonnensysteme die beobachtete Bewegung hervorzubringen. Obgleich die beiden oben erwähnten Sterngruppen gerade in dem Theile des Himmels liegen, nach welchem die Bewegung unserer Sonne hin gerichtet ist, so hütete sich doch Herschel wohl, auf dieses Zusammenfallen einen zu großen Werth zu legen. Um indessen diejenigen nicht zu entmuthigen, welche trotz der ungeheuren Abstände der Sterne von einander den Versuch wagen wollten, dem gegenseitigen Zusammenhange unter ihnen nachzuspüren, machte er darauf aufmerksam, daß gewisse Theile der Milchstraße innerhalb sehr enger Grenzen Hunderttausende und selbst Millionen solcher Sterne zeigen. Die Regionen, wo die beiden Zweige der Milchstraße zusammentreffen, auf der einen Seite im Cepheus und der Cassiopeja, auf der andern beim Scorpion und dem Schützen, schienen ihm vorzugsweise geeignet, mächtige Attractionscentra zu sein, und die ganze Aufmerksamkeit der Astronomen zu verdienen.

„Die Anziehung", sagt Lambert in seinen Cosmologischen Briefen (1761), „erstreckt ihre Herrschaft über Alles, was materiell ist. Die Sterne selbst gravitiren die einen gegen die anderen, und unvermeidlicher Weise müssen daraus Ortsveränderungen entstehen. Da, wo der Attractionskraft eine genügende Centripetalkraft das Gegengewicht hält, werden die Sterne unablässig dieselben Bahnen durchlaufen, und das System wird stabil sein"[16].

Die kosmologischen Ideen, welche diesen Worten zu Grunde liegen, führen zu der Annahme, daß die Sonne, Mittelpunkt und

---

*) Siehe das 11. Kapitel des ersten Bandes S. 435 Fig. 122.

Leiter der planetarischen Bewegungen, dennoch den Vergleich mit unserer armen Erdkugel zuläßt, von der ein gefeierter Dichter, Herr von Lamartine, gesagt hat:

Die Stunde war genaht, das Schöpfungswort erklungen,
Das Chaos hat gekreißt, die Welt sich losgerungen,
Der Schöpfer blickt auf sie, und wendet seinen Blick;
Er wendet unmuthsvoll ihn vom mißlung'nen Werke,
Er stößt sie hinter sich mit seines Fußes Stärke,
Und zieht auf ewig sich in seine Ruh' zurück*).

Als Lambert die Schwierigkeit des Problems hervorhob, schwebte ihm ohne Zweifel der Gedanke vor, daß die Rotationsbewegungen der Himmelskörper möglicherweise nicht durch eine momentane Wirkung, nicht durch einen einzigen und nach der völligen Consolidirung dieser Körper eingetretenen Impuls erzeugt worden seien. Vielleicht hatte der berühmte Geometer aus Mühlhausen bereits eine Ahnung von dem Systeme, welches Laplace später entwickelt hat, und welches von der allmälichen Verdichtung einer ungeballten rotirenden Materie ausgeht, eine Verdichtung, aus welcher zuletzt unsere jetzige Sonne hervorgegangen wäre.

Es liegt übrigens in den angestellten Betrachtungen ein schlagender Beweis dafür, daß, wenn die Anziehung nothwendige und unausbleibliche Verbindungen zwischen allen Körpern der physischen Welt herstellt, diese Verbindungen im höchsten Grade schwach werden, sobald die Abstände gewisse Grenzen überschreiten. Wenn man die Sonne und den Sirius von gleicher Masse und von solcher Entfernung voraussetzt, daß die Bahn der Erde, vom Sirius gesehen, unter einem Winkel von blos einer Secunde erschiene, so würden beide Himmelskörper mit so großer Langsamkeit gegen einander gravitiren, daß nach Herschel's Berechnung mehr als 33 Millionen Jahre vergehen müßten, bevor sie zusammenträfen.

*) Lorsque du Créateur la parole féconde
Dans une heure fatale eut enfanté le monde
Des germes du chaos,
De son oeuvre imparfaite il détourna la face,
Et, d'un pied dédaigneux le lançant dans l'espace,
Rentra dans son repos [17]).

Achtes Kapitel.

Fernröhre mit parallatischer Aufstellung. — Aequatoreal. — Vortheile der vervollkommneten Instrumente.

Wir haben erkannt, daß die Sterne alljährlich um sehr kleine Winkelgrößen von ihrer Stelle rücken. Im Laufe vieler Jahre, vieler Jahrhunderte werden diese Verrückungen der Sterne beträchtliche Werthe erhalten. Seit zwanzig Jahrhunderten zum Beispiel haben Arctur und μ in der Cassiopeja ihren Ort, der eine um zwei und eine halbe, der andere um drei und eine halbe Vollmondsbreite geändert, wie mein Freund Alexander von Humboldt anführt [18]). Das südliche Kreuz wird in der Gestalt, welche jetzt dies Sternbild zeigt, nicht immer am Himmel glänzen, da die vier Sterne, welche es bilden, mit ungleicher Geschwindigkeit eines verschiedenen Weges wandeln. Um aber alle Veränderungen, welche im Anblicke des Himmelsgewölbes eintreten müssen, zu berechnen, ist es gerade wegen der Langsamkeit dieser Veränderungen, wenn man nicht die Lösung fast aller Probleme der Fixsternastronomie der entferntesten Zukunft überlassen will, unumgänglich nöthig, zu Instrumenten seine Zuflucht zu nehmen, welche die äußerste Genauigkeit durch Anwendung sehr beträchtlicher Vergrößerungen, die auf das Drei- und Viertausendfache steigen, erzielen.

Allein beim Gebrauche derartiger Vergrößerungen ist das Gesichtsfeld stets sehr beschränkt. Wäre also das Fernrohr unbeweglich, so würde ein Stern, welcher an der täglichen Umdrehung der Himmelskugel participirt, nur sehr wenige Secunden lang sichtbar bleiben. Wo man also genöthigt ist, sich sehr starker Vergrößerungen zu bedienen, welche bei einer Menge von astronomischen Untersuchungen nicht zu umgehen sind, wird es durchaus erforderlich, daß das Fernrohr dem Sterne von selber nachfolge; seine Aufstellung muß folglich so beschaffen sein, daß, wenn es im Augenblicke des Aufganges nach Osten gerichtet ist, die Gesichtslinie den Westen trifft im Momente des Unterganges, und daß zu allen zwischenliegenden Zeiten das Fernrohr, ohne einer äußeren Nachhilfe zu bedürfen, seine Richtung und Höhe so ändert, daß der Stern immer nahezu an derselben Stelle des Gesichtsfeldes erblickt wird.

Um dies Resultat zu erreichen, ist eine besondere Art der Aufstellung des Instrumentes erforderlich, welche ein alter französischer Künstler, Passemant[19]), zuerst in Vorschlag gebracht hat. Es muß vermittelst eines Uhrwerkes eine Umdrehungsbewegung um eine der Weltaxe parallele Axe erhalten, und zwar muß diese Bewegung, statt mit Hilfe einer Auslösung ruckweise zu erfolgen, auf eine stetige und gleichförmige Art vor sich gehen, nach dem Vorbilde der majestätischen Bewegung des gestirnten Firmamentes. Endlich muß diese Axe mit einem getheilten dem Aequator parallelen Kreise, und einem zweiten Kreise, welcher die Declinationen der beobachteten Sterne gibt, versehen sein.

Ein solches Instrument führt den Namen eines parallatischen*) Fernrohrs; seine Construction ist schwierig und complicirt. Zunächst muß (siehe Figur 129) das parallatische Gestelle selbst construirt werden, und dazu gehört erstens die der Weltaxe parallel gerichtete Hauptrotationsaxe, ferner eine zweite, senkrecht gegen die erste angebrachte Axe, um welche der Kreis sich dreht, an dem das Fernrohr befestigt ist: endlich das Uhrwerk, welches dem Fernrohre eine solche Bewegung mittheilt, daß im Laufe eines siderischen Tages eine vollständige Umdrehung um die Hauptaxe vollbracht wird. Da das Fernrohr vermöge seiner Beweglichkeit um die zweite Axe unter jedem beliebigen Winkel gegen die der Weltaxe parallele Hauptaxe geneigt werden kann, so ist leicht einzusehen, daß infolge der Umdrehung um die Hauptaxe, das Fernrohr successive auf alle Sterne am Firmamente gerichtet werden und denselben während ihres täglichen Umlaufes folgen kann.

Unter einem Aequatoreale (siehe Fig. 130, S. 40.) versteht man ein Fernrohr LL, welches um eine Axe beweglich ist, parallel einem Kreise AA, welcher seinerseits um eine der Weltaxe parallele Axe sich drehet, während senkrecht gegen diese Axe ein zweiter Kreis EE angebracht ist, der dann nothwendigerweise dem Himmelsäquator parallel sein wird. Wir haben an einem andern Orte**) gezeigt, wie man

---

*) Parallatisch und nicht parallaktisch, wie in den meisten astronomischen Büchern steht, denn das fragliche Instrument dient nicht sowohl, um Parallaxen zu beobachten, als vielmehr um Bogen von Parallelkreisen am Himmel zu messen[20]).

**) Siehe das 4. Kapitel des 7. Buches im ersten Bande S. 220 ff.

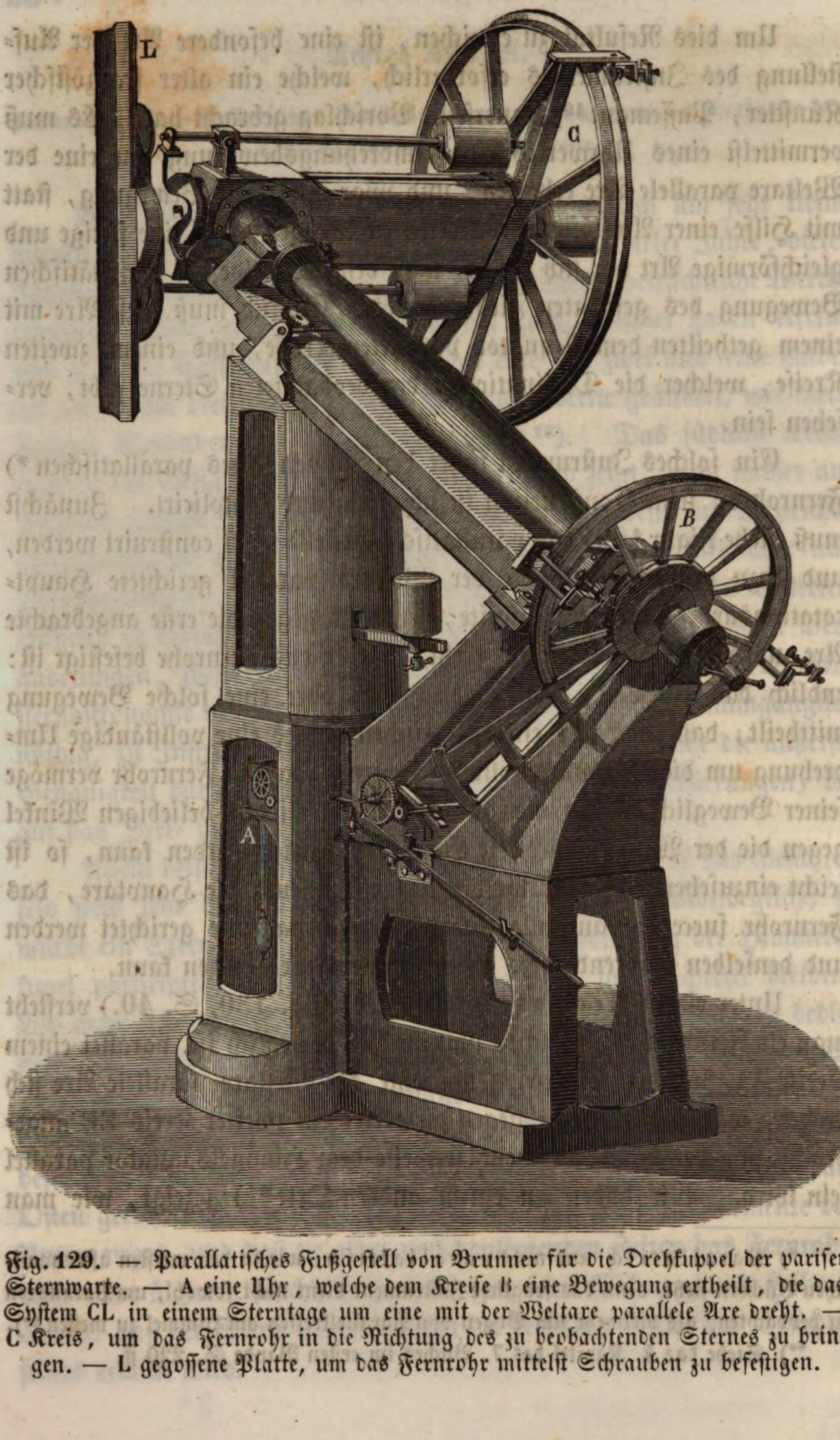


Fig. 129. — Parallatisches Fußgestell von Brunner für die Drehkuppel der pariser Sternwarte. — A eine Uhr, welche dem Kreise B eine Bewegung ertheilt, die das System CL in einem Sterntage um eine mit der Weltaxe parallele Axe dreht. — C Kreis, um das Fernrohr in die Richtung des zu beobachtenden Sternes zu bringen. — L gegossene Platte, um das Fernrohr mittelst Schrauben zu befestigen.

mit Hilfe des Mauerkreises, des Mittagsfernrohres und der Sternuhr die Declination und die gerade Aufsteigung der Gestirne im Augenblicke ihres Durchganges durch den Meridian des Beobachtungsortes bestimmen kann. In gewissen Fällen nun, wenn zum Beispiel ein neuer Stern, oder ein Stern beobachtet werden soll, der nur selten sichtbar ist und in so großer Nähe der Sonne in den Meridian tritt, daß er des lebhaften Lichtes wegen nicht mehr gesehen werden kann, ist man genöthigt, diesen Stern zu einer andern Zeit aufzusuchen. Man bedient sich alsdann des Aequatoreals, dessen Einrichtung es gestattet, zu jeder beliebigen Zeit das Fernrohr LL die Ebene eines beliebigen Meridianes durchlaufen zu lassen. Vergleicht man dann zwei Sterne, so gibt die Sternuhr den Unterschied ihrer geraden Aufsteigungen; wenn also die Rectascension des einen Sternes bekannt ist, so ist daraus die des anderen leicht herzuleiten. Da die optische Are des Fernrohres successive auf jeden der beiden Sterne gerichtet werden kann, während sie die gewählte Ebene durchschneiden, so erhält man auch mit Genauigkeit die Differenz ihrer Declinationen. Beobachtet man zwei Sterne, welche einander nahe genug stehen, um beide im Gesichtsfelde des Fernrohres zu erscheinen, ohne daß man dasselbe zu verrücken braucht, so ergibt sich der Declinationsunterschied, wenn man vermittelst einer Schraube mit getheiltem Kopfe einen im Fadennetze des Fernrohres angebrachten Faden horizontal bewegt, so daß er successive die zwei Punkte trifft, in denen der Meridianfaden des Instrumentes von beiden Sternen durchschnitten worden ist. Der Kreis FE des Aequatoreals muß soviel als möglich dem Aequator parallel aufgestellt werden, damit man ihm erforderlichen Falles mit Hilfe einer Vorrichtung C, welche die Verbindung zwischen Fernrohr und Uhrwerk nach Belieben herzustellen oder zu unterbrechen gestattet, die Bewegung um die Weltare mittheilen könne.

Die pariser Sternwarte enthielt eine vollständige Sammlung von Meridianinstrumenten; ihre Mauerkreise, ihr Passageinstrument brauchten den Vergleich mit dem Vollkommensten, was im Auslande hervorgebracht worden, nicht zu scheuen. Trotz der vollkommenen Ausführung des Aequatoreals von Gambey, welches in Figur 130 abgebildet ist, fehlte doch unserer Anstalt ein großes Aequatoreal, das sich mit den

prachtvollen und ungeheuren Instrumenten messen konnte, welche seit wenigen Jahren die Sternwarten zu Washington, zu Cambridge (Vereinigte Staaten), zu Cambridge (in England), zu Berlin, zu Königsberg, zu Dorpat, zu Pulkowa besitzen[21]). Diesem beklagenswerthen Mangel abzuhelfen, hat die Regierung die Gesetzesvorschläge vorgelegt, welche von unseren gesetzgebenden Versammlungen in den Jahren 1846 und 1851 ohne Aenderung angenommen wurden.

Da das Fernrohr des Aequatoreals sich nach allen Punkten des Himmels über dem Horizonte muß richten lassen, so ist erforderlich, daß ohne dabei seinen Schutz gegen Wind und Wetter zu verlieren, dennoch keine benachbarten Gegenstände ihm irgendwie die Aussicht versperren dürfen. Diesen Zweck haben wir zu erreichen gesucht, indem wir die Herstellung einer drehbaren Kuppel (siehe Fig. 131, S. 41.) beantragten, welche sich heute über dem Gebäude der Sternwarte wölbt. Diese Kuppel ist die größte unter allen vorhandenen; ihr Durchmesser beträgt etwa 40 Fuß; sie enthält bewegliche Klappen von 3 Fuß Breite, durch deren Oeffnung es möglich wird, alle Regionen des Himmels zwischen Horizont und Zenith sichtbar zu machen. Vermittelst einer Kurbel M wird die verticale Axe N in Bewegung gesetzt; diese trägt ein Zahnrad O, welches in die an der Basis des Daches angebrachten Zähne eingreift; indem nun letzteres auf zwei Systemen von Rollen P und Q gleitet, drehet es sich mit Leichtigkeit um seinen Mittelpunkt, obschon es gleichzeitig den sehr großen Fußboden mit sich fortführt, auf welchem die Beobachter stehen. Um also einen Stern auf seiner täglichen Bahn zu verfolgen, wozu uns das parallatische Gestelle in den Stand setzt, ist es hinreichend, das Dach von Zeit zu Zeit weiter zu drehen, damit sich das geöffnete Klappfenster immer vor der optischen Axe des Instrumentes befinde. Wir sind nur getreue Referenten der Aeußerungen aller fremden Gelehrten oder Mechaniker, welche die Sternwarte besucht haben, wenn wir aussprechen, daß unser Drehdach ein Denkmal, eine Eisenarbeit ist, welche unseren Künstlern zur größten Ehre gereicht.

Das bewegliche Dach, das parallatische Gestelle würden von keinem großen Nutzen sein, wenn beide nicht mächtigere Instrumente umschließen, tragen und bewegen sollten, als die sind, welche das pariser Observatorium gegenwärtig enthält.

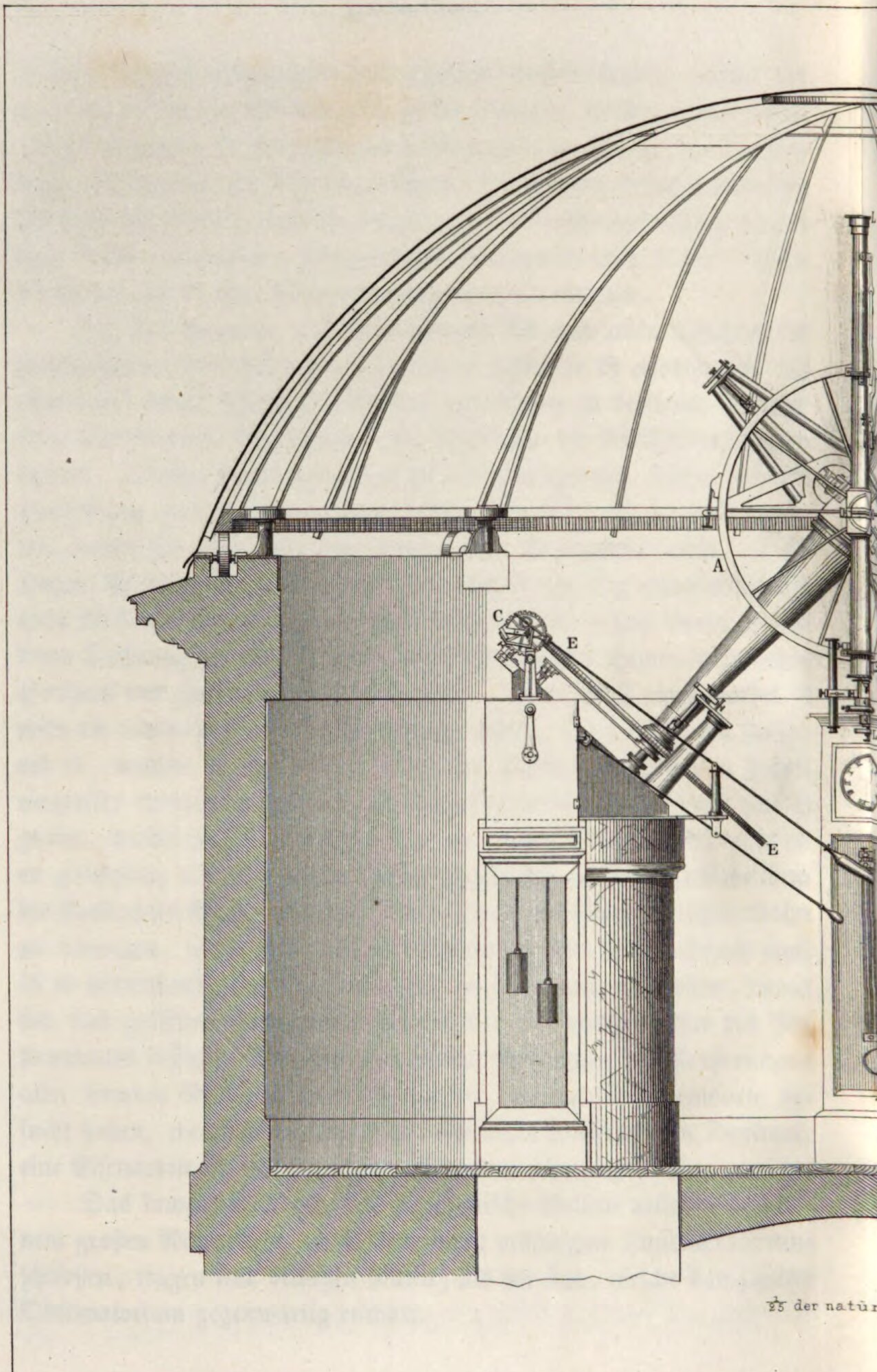
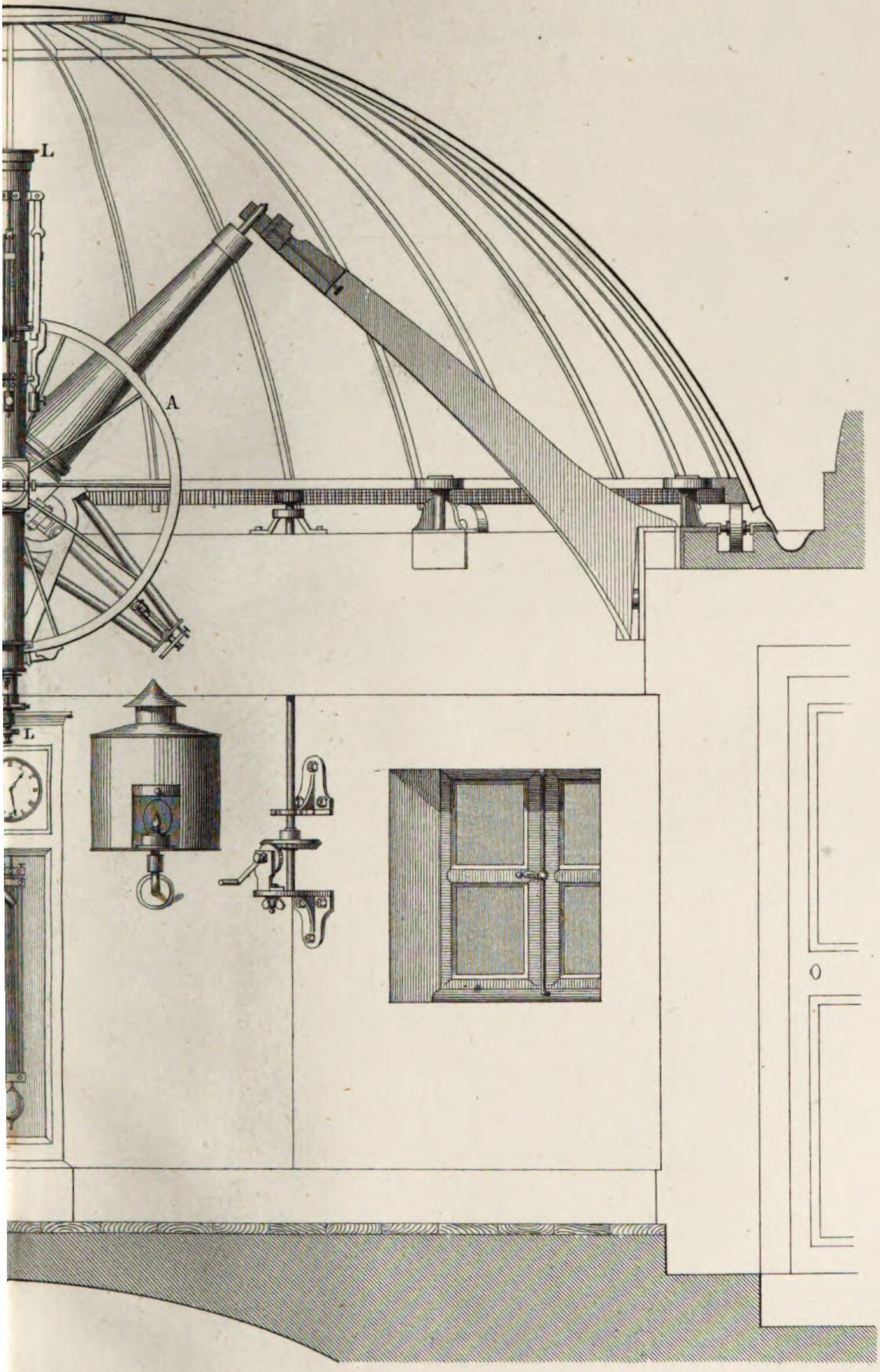


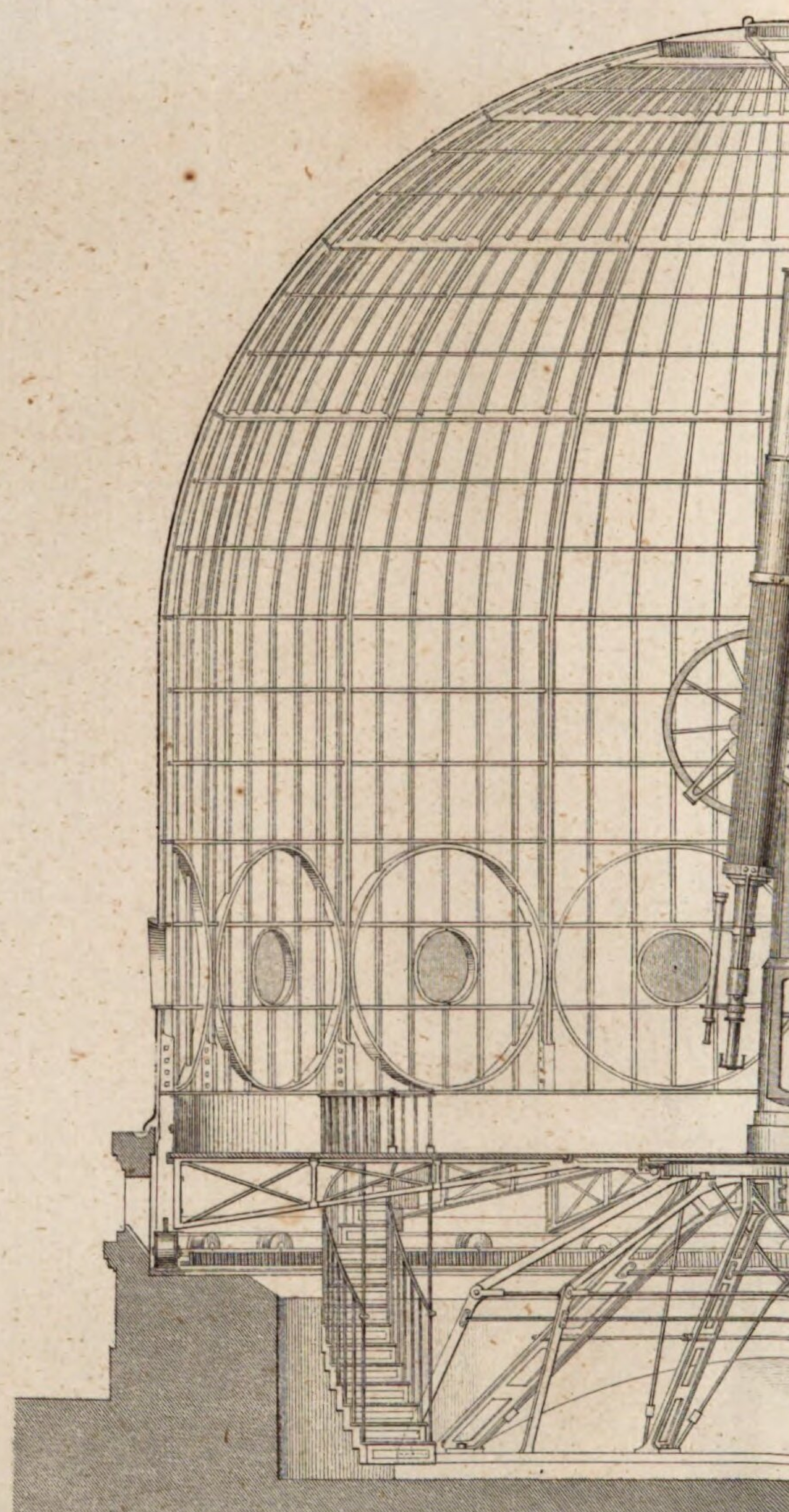
FIG. 130_ Aequatoreal der



lichen Grôfse.

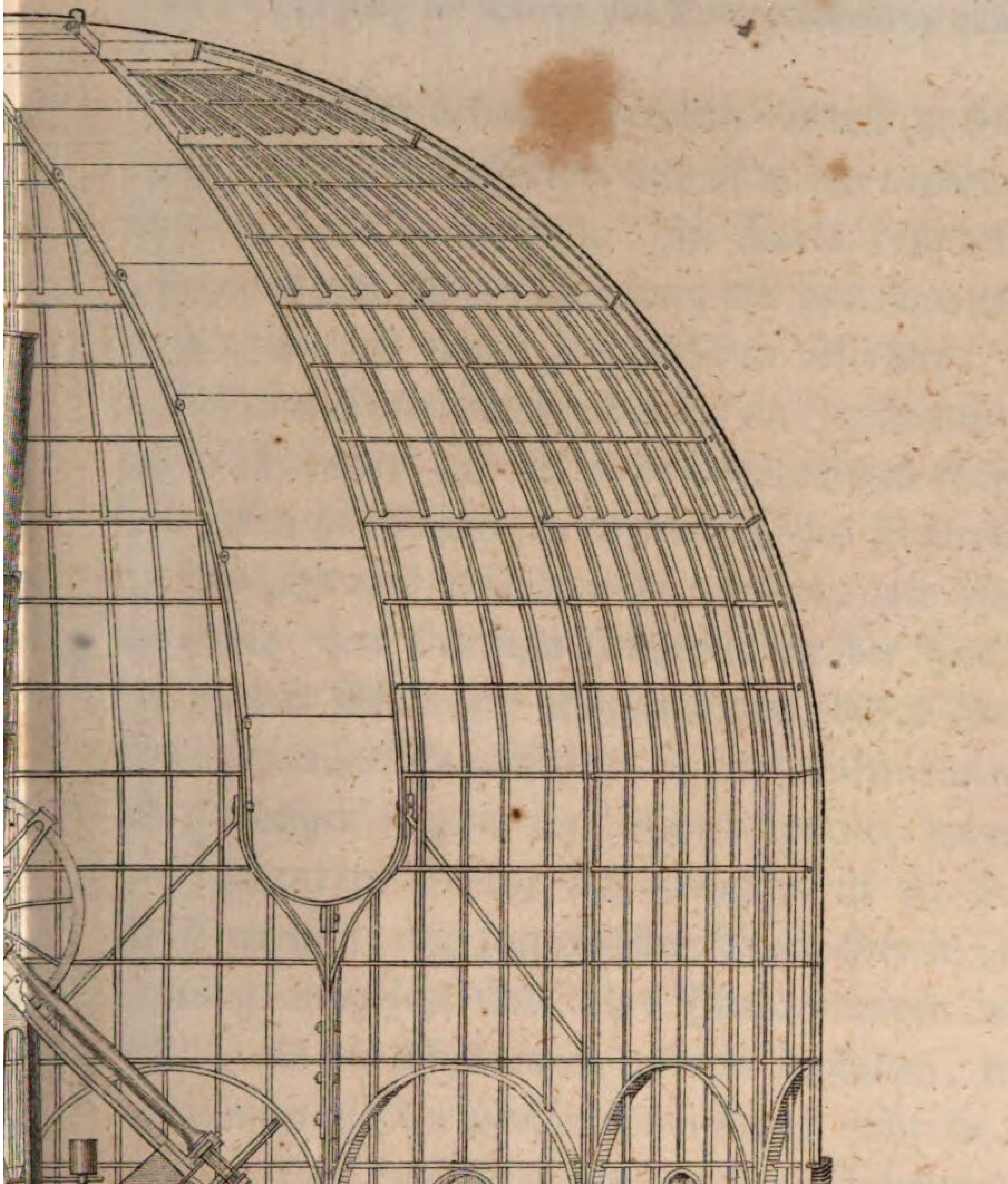
Lith. Anst. v. J. G. Bach. Leipzig.

pariser Sternwarte.



Lith. Anst. v. J.G. Bach, Leipzig.

FIG. 131. Drehkuppel de



er Pariser Sternwarte

Das größte bekannte Fernrohr ist das zu Pulkowa; dasselbe hat 14 rheinische Zoll Oeffnung und ist in den berühmten münchener Werkstätten ausgeführt worden. In Paris befindet sich jetzt gerade ein Instrument von gleicher Oeffnung mit dem Fernrohre von Pulkowa; ein Instrument von einem französischen Künstler, Lerebours, und mit französischen Materialien gebaut; ein Instrument, dessen Güte bereits erprobt ist, soweit dies bei einer gewöhnlichen Aufstellung möglich war. Es erschien höchst wünschenswerth, dieses Fernrohr zu erwerben, damit das Ausland uns dasselbe nicht entreiße, wie dies schon bei drei Instrumenten von kleineren Dimensionen der Fall gewesen. Deßhalb habe ich das Verlangen ausgesprochen, dieses Fernrohr möge auf dem schönen parallatischen Gestelle unserer Sternwarte, unter ihrer weiten und prächtigen Kuppel aufgerichtet werden, damit, wenn ein Komet bei erlöschendem Glanze sich allmälich in die Tiefen des Himmelsraumes verliert, die französischen Beobachter in Zukunft nicht der Beschämung ausgesetzt sind, ihre Beobachtungen weit eher einstellen zu müssen, als die Astronomen anderer Anstalten, welche in den übrigen Beziehungen mit der pariser Sternwarte nicht in die Schranken treten können. Das von Lerebours gebauete Instrument also denke ich mir auf dem parallatischen Gestelle aufgerichtet, welches auf Fig. 131 unter der Dachkuppel abgebildet ist.

Sprechen wir jetzt von dem Nutzen, welchen die neuen Instrumente und ihre parallatische Aufstellung gewähren sollen.

Als Galilei sein Fernglas construirt hatte nach dem Vorbilde desjenigen, welches der Optiker aus Middelburg auf Veranlassung eines spielenden Kindes entdeckt hatte, richtete er es nach dem Himmel und gewahrte daselbst Dinge, welche jenseits der Grenzen der natürlichen Sehkraft liegen: die Phasen der Venus, die Trabanten des Jupiter, die Flecken und die Umdrehungsbewegung der Sonne, die ungeheure Anzahl von Sternen, welche die Milchstraße bilden.

Dieses Fernrohr hatte kaum drei Fuß Brennweite, anderthalb Zoll Oeffnung, und zeigte die Gegenstände unter einer sieben- bis achtmaligen Vergrößerung, d. h. ein wenig größer als die gewöhnlichen Operngucker[22]). Mit einem solchen Instrumente bewaffnet, dessen Wirkungsart damals noch ein Mysterium war, erkannte das scharfsichtige

Auge Galilei's, daß Saturn keine runde Gestalt habe, allein die Ursache der Abweichung blieb noch verborgen. Die Entdeckung der wahren Gestalt dieses Planeten fiel den Gelehrten zu, welche zuerst mit stärkeren Fernröhren, als der berühmte florentiner Weltweise besaß, den Himmel durchmustern konnten.

Es bieten sich Erscheinungen am Firmamente dar, welche in Bezug auf die gegenwärtigen Fernröhre dasselbe sind, was die unregelmäßige Gestalt des Saturn war, als man durch die sehr mittelmäßigen Instrumente Galilei's beobachtete. Die Anwendung mächtiger Fernröhre und sehr starker Vergrößerungen wird von dem, was jetzt noch problematisch erscheint, den Schleier wegziehen. Mit diesen Fernröhren, in Verbindung mit einer parallatischen Aufstellung, wird mittelst der Methode der Beobachtung zweier benachbarten Sterne *), bei einer weit größeren Zahl von Fixsternen als bisher, die Bestimmung ihrer wirklichen Entfernung von der Erde gelingen; wir werden erfahren, ob es noch mehrere gibt, welche uns näher stehen als α im Centaur, als 61 im Schwan oder als α in der Leyer. Man wird ferner die Gestaltänderungen verfolgen, welche jene Anhäufungen leuchtender Materie, die wir Nebelflecken nannten, erfahren, und entscheiden können, ob die letzten Spuren einer Concentration dieser glänzenden Massen Sterne im eigentlichen Sinne, wahre Sonnen sind **). Ueber die physische Constitution der Planeten und Satelliten werden wir bestimmte Vorstellungen gewinnen, welche gegenwärtig noch dem Gebiete der Conjecturen angehören. Man wird mit Genauigkeit ***) die Bahnbewegungen der Doppelsterne ermitteln, dieser sich um einander drehenden Sonnen, und wird den Geometern die Mittel verschaffen, zu entscheiden, ob die Schwere, welche die Bewegungen der Planeten unseres Sonnensystems regiert, ihre Herrschaft bis zu den äußersten Grenzen der sichtbaren Welt erstreckt †). Nur auf diesem Wege endlich wird es gelingen, die Kometen bis zu ihrer weitesten Entfernung zu verfolgen, und aus den Veränderungen ihrer Gestalt oder ihres Volumens kost-

*) Siehe das 32. Kapitel des 9. Buches, im ersten Bande S. 370.

**) Siehe das 16. Kapitel des 11. Buches, im ersten Bande S. 448.

***) Siehe das 12. Kapitel des 10. Buches, im ersten Bande S. 403.

†) Siehe das 7. Kapitel des gegenwärtigen Buches, S. 33.

bare Folgerungen über den Zustand des Aethers im Himmelsraume zu ziehen.

Wenn man daran denkt, daß in der Wissenschaft das Unvorhergesehene meist die Hauptrolle spielt, so wird es begreiflich, wie sehr es wünschenswerth ist, daß der Himmel mit Hilfe mächtiger Instrumente, welche zugleich genaue Messungen möglich machen, erforscht werde. Die Entdeckungen, welche daraus der Astronomie zufließen müssen, werden für die schwierigsten Theile der Naturkunde nutzenbringend sein.

Anmerkungen der deutschen Ausgabe.

Zum dreizehnten Buch.

1. S. **21.** Dies große im Jahre **1665** zu Bologna in zwei Theilen erschienene Werk des Joh. Bapt. Riccioli ist eine Fortsetzung seines Almagestum novum; es enthält eine Sammlung der Beobachtungen und Tafeln, und ist von großer Seltenheit.

2. S. **22.** Vergl. Kosmos Bd. III. S. **267** und **284.**

3. S. **23.** Bessel im **22.** Bde. von Schumacher's Astronomischen Nachrichten, No. **514—516**; Struve in den Noten zur Astron. stellaire S. **51**, woselbst die Declinationen des Procyon von Bradley (**1755**) bis auf Bessel's neueste Bestimmung (**1844**) unter Annahme geradliniger Fortbewegung sämmtlich so dargestellt werden, daß nirgend größere Fehler als von einer Bogensecunde zurückbleiben. Unter derselben Voraussetzung gelingt die Darstellung der Geradenaufsteigungen des Sirius dergestalt, daß in den Positionen des Sternes in den Jahren **1755, 1800, 1829, 1847** nicht eine Spur von Unregelmäßigkeit zurückbleibt. Dagegen haben Peters für den Sirius und Mädler für Procyon Bessel's Resultat aufrecht erhalten, und ersterer hat in seiner Schrift: Ueber die Bewegung des Sirius, Königsberg **1851**, die Umlaufszeit des Sirius um einen benachbarten dunkeln Körper zu **49** Jahren festgesetzt, mit dem wahrscheinlichen Fehler von nur anderthalb Jahren (S. **24**).

4. S. **23.** Um nicht zu irrigen Vorstellungen Veranlassung zu geben, darf bei diesem Tableau nicht unbemerkt gelassen werden, daß fast sämmtliche Zahlenangaben desselben äußerst unzuverlässig sind, und zwar in um so höherem Grade, je unsicherer die Bestimmung der Entfernung jedes Einzelnen ist. So ist z. B. nach Peters die Parallaxe der Capella **0"046**, aber der wahrscheinliche Fehler dieser Größe beträgt zwei Zehntelsecunden, und man weiß also so gut wie Nichts über die wirkliche Geschwindigkeit, mit welcher sich dieser Stern erster Größe im Raume fortbewegt.

5. S. **24.** Halley (in The Philos. Transact. from the Year **1700** to **1720**, Vol. IV. S. **225—227**) stützte seine Bemerkung indessen auch auf eine Beobachtung vom Jahre **509** nach Chr. und fand, daß auch Tycho's Angabe für Sirius die Eigenbewegung dieses Sternes bestätigte. Die im Texte erwähnten Astronomen

Timochares und Aristill hatten etwa 300 Jahre vor Chr. beobachtet; ihre Beobachtungen hat Ptolemäus (7. Buch, 3. Kap.) aufbewahrt.

6. S. 24. Lalande Astronomie § 2773 und 2779; auch Memoiren der pariser Akademie von 1738.

7. S. 25. Diese Abhandlung Mayer's De motu fixarum proprio commentatio, welche die eigenen Bewegungen von 86 Sternen feststellt, ruht auf den eigenen Beobachtungen dieses Astronomen und dem bekannten Triduum des Olaus Römer. Da sowohl Mayer's Sternpositionen als neuerdings auch die von Römer genauer berechnet worden sind (jene von Baily, diese von Galle in seiner Schrift Olai Roemeri triduum, Berlin 1845), so haben die Mayer'schen Eigenbewegungen nur noch ein historisches Interesse. Vergl. Tob. Mayeri opera inedita Vol. I. Göttingen 1775.

8. S. 26. Kosmos Bd. III. S. 283. Wegen der Schriften über diesen Gegenstand siehe ebendaselbst S. 287 und 288, Anm. 38 und 39; Struve hat seine Ansicht über die Centralsonne dahin ausgesprochen, daß ihm die Hypothese für den gegenwärtigen Stand der Wissenschaft als ein zu großes Wagniß erscheine.

9. S. 28. Astr. stell. 1847, S. 47. Die Bradley'schen Worte nach der Uebersetzung Humboldt's, Kosmos Bd. III. S. 279; es scheint in der That, als sei diese Stelle, in welcher so bestimmt von der Möglichkeit einer Ortsveränderung des ganzen Sonnensystems die Rede ist, unbeachtet geblieben, bis Arago zuerst im Annuaire für 1842 die Aufmerksamkeit darauf lenkte.

10. S. 29. Opera inedita, S. 79. In genauerer Uebersetzung spricht sich Mayer an dieser denkwürdigen Stelle folgendermaßen aus: „Da man auch nach dem Grunde dieser Bewegung fragen kann, so will ich nur dies Eine bemerken, daß sich dieselbe nicht durch eine Fortbewegung unsers ganzen Sonnensystems erklären läßt, obgleich ich nicht die Möglichkeit läugne, daß die Sonne, insofern sie ebenfalls ein Fixstern ist, im Weltraume fortrücken kann. Wenn nämlich die Sonne, und mit ihr zugleich alle Planeten und unser Wohnsitz, die Erde, sich in gerader Linie auf irgend einen Punkt hinbewegten, so müßten alle in dieser Richtung befindlichen Sterne auseinanderzurücken scheinen, und die auf der gegenüberstehenden Seite sich einander nähern, genau so wie sich in einem Walde die Bäume, auf welche man zugeht, voneinander zu entfernen scheinen, während die rückwärts befindlichen sich einander nähern. Die Bewegungen in unseren Tafeln lassen aber bei genauerer Betrachtung einen solchen gesetzmäßigen Zusammenhang keineswegs erkennen."

11. S. 30. Mérian's Système du Monde ist ein Auszug aus den kosmologischen Briefen, die erst Darquier durch eine vollständige Uebersetzung in Frankreich bekannt machte (1801).

12. S. 30. In den Memoiren der pariser Akademie vom Jahre 1776, womit zu vergleichen Astronomie 3. édit. § 3283. Lalande unterläßt nicht mit Bezug auf die im Texte angezogene Stelle des Système du Monde zu bemerken, „Lambert sei dieser Vorstellung sehr nahe gewesen, ohne sie gehörig zu verfolgen."

13. S. 30. Joh. Bernoulli (Opera omnia, Lausanne und Genf 1742,

Vol. IV. S. 282 u. f.) berechnete in seiner Abhandlung über die tägliche und jährliche Bewegung der Planeten, daß der ursprüngliche Stoß, welcher der Erde ihre beiden Bewegungen ertheilte, nicht durch den Mittelpunkt der Planeten gerichtet war, sondern, die sphärische Gestalt der Erde vorausgesetzt, einen Punkt traf, der um $^1/_{150}$ des Halbmessers weiter von der Sonne entfernt war. Für Mars findet er $^1/_{418}$, für Jupiter $^7/_{19}$. Diese Zahlen würden nach den heutigen Daten beträchtliche Aenderungen erleiden. Vergl. auch Lalande Astron. § 3221.

14. S. 31. Herschel und Prévot waren aus Mayer's Verzeichniß der Eigenbewegungen fast gleichzeitig zu den angeführten Ergebnissen gelangt. Bode's astronomisches Jahrbuch für 1786, S. 258, 259. Philos. Transact. vom Jahre 1783. Prévot bezeichnete die nördliche Krone als das Sternbild, gegen welches sich die Sonne hinbewegt.

15. S. 32. In der französischen Ausgabe steht irrthümlich 27°.

16. S. 34. Dies ist etwa der Sinn des zehnten der kosmologischen Briefe. S. 122 u. f.

17. S. 36. Lamartine's Verse sind zwar in dieser Uebersetzung beigefügt worden, indessen wird man es den Landsleuten des gefeierten Dichters überlassen müssen, die poetische Erhabenheit des Gedankens zu empfinden.

18. S. 36. Kosmos Bd. III. S. 263, 264. Encke, Betrachtungen über die Anordnung des Sternsystems, Berlin, 1844, S. 12.

19. S. 37. Passement, der zu Paris von 1702 bis 1769 lebte, baute die ersten durch Uhrwerk der täglichen Bewegung folgenden Fernröhre; man nannte sie damals Heliostaten. In Smith's Optik (§ 885 u. ff.) wird ein ähnliches, fast zu derselben Zeit von Graham construirtes Instrument beschrieben. Lalande, Bibliographie astr. S. 408.

20. S. 37. Parallaktisch (parallactique) ist nach Delambre dennoch als richtiger anzusehen. Dies Wort kommt zuerst vor bei Dominik Cassini, der sich der „parallaktischen Maschine" zur Erforschung der Parallaxen in Geraderaufsteigung bediente, und den Namen diesem Instrumente also nicht, wie Lalande und nach ihm Arago meinten, deßwegen gab, weil es Parallelkreise beschreibt. Der Italiener Cassini nannte es allerdings parallatique, gerade sowie er zu Bologna gesagt haben würde parallattica, und seine Schüler haben deßhalb in den pariser Memoiren stets geschrieben parallaktisch. Siehe Delambre Hist. de l'Astron. moderne Vol. II. S. 714.

21. S. 39. Dergleichen Instrumente ersten Ranges sind gegenwärtig noch an verschiedenen andern Sternwarten aufgestellt; z. B. in Kasan ein dem dorpater Refractor gleiches Fernrohr; von größeren Dimensionen befinden sich dergleichen in England und mehrere in Amerika, wie der große Refractor zu Cambridge bei Boston u. A.

22. S. 39. Bekanntlich besaß Galilei auch eine 32fache Vergrößerung, und da er stets von der Flächenvergrößerung redet, so ist es diese, welche er als seine tausendfache Vergrößerung bezeichnet.

Vierzehntes Buch.

Die Sonne.

Erstes Kapitel.

Das Sonnensystem.

Wir haben bereits gesehen, daß die Sonne nur ein Stern ist unter den übrigen im Raume verbreiteten Sternen, deren Zahl wir nicht zu ermessen vermögen. Es hat sich ferner ergeben, daß dieser Stern ohne Zweifel zu einem Sternhaufen gehört, welcher für unsere Augen unter dem trügerischen Anblicke der Milchstraße erscheint. Auch haben wir uns bereits mit der Bewegung zu beschäftigen gehabt, infolge deren das strahlende Gestirn jeden Tag mit der ganzen Himmelskugel sich um die Erde zu drehen scheint, und mit jener zweiten Bewegung, welche, wie der Anschein für den Erdenbewohner ergibt, von Westen nach Osten längs eines größten Kreises erfolgt, den wir die Ekliptik genannt haben*). Es liegt uns jetzt ob, in Bezug auf die Sonne vom Scheine zur Wirklichkeit überzugehen, und es wird in diesem Buche unsere Aufgabe sein, zu einer wohlbegründeten und vollständigen Kenntniß über diesen Himmelskörper zu gelangen, welcher im Weltall so wenig bedeutet, und welchen wir nichtsdestoweniger ein so großes Interesse haben, genau kennen zu lernen.

Die Sonne, die Weltleuchte nach des Kopernikus Ausdrucke, das Herz des Universums, wie Theon von Smyrna sagt[1]), ist nichts

*) Siehe das 4. Kap. des 7. Buches, im ersten Bande d. Astr. S. 220.

Anderes, als der Mittelpunkt, oder vielmehr der Brennpunkt für die Bewegungen einiger dunklen Gestirne, die hauptsächliche Quelle der Wärme und des Lichtes für dieselben Himmelskörper. Die Sonne mit ihrem Gefolge von nicht selbstleuchtenden Körpern constituirt das, was wir mit dem Namen des Sonnensystems bezeichnen.

Die Astronomen pflegen die Sonne zur Abkürzung mit dem Zeichen ☉ zu bezeichnen.

Das Sonnensystem besteht gegenwärtig außer der Sonne:

1) Aus 8 Hauptplaneten, welche in der Reihenfolge ihrer zunehmenden Entfernungen von der Sonne, folgende Namen führen: Mercur ☿, Venus ♀, Erde ♁, Mars ♂, Jupiter ♃, Saturn ♄, Uranus ⛢, Neptun ♆; die Charaktere, welche hinter den einzelnen Planetennamen stehen, sind diejenigen Zeichen, welche die Astronomen für diese Gestirne angenommen haben;

2) aus einer noch unbestimmten Zahl von kleinen Planeten, welche man auch Asteroiden nennt, und deren Abstände von der Sonne zwischen den Abständen des Mars und des Jupiter enthalten sind;

3) aus 21 Trabanten der einzelnen Planeten, und zwar: 1 für die Erde (der Mond, für welchen das Zeichen ☾ gebraucht wird), 4 für Jupiter, 8 für Saturn, 6 für Uranus, 2 für Neptun;

4) aus Kometen, deren Anzahl sozusagen tagtäglich wächst.

Die Planeten kreisen um die Sonne, begleitet von ihren Trabanten. Einige unter den bekannten Kometen bewegen sich gleichfalls in geschlossenen Bahnen; andere scheinen dagegen Curven zu durchlaufen, welche sich immer weiter vom Centralkörper entfernen.

Die Erforschung der physischen Beschaffenheit der Sonne und aller Himmelskörper, welche zum Sonnensysteme gehören, die Bestimmung der Bewegungen dieser Gestirne, ihrer Größe, ihrer Massen, ihrer Entfernungen von der Sonne in jedem Augenblicke, das sind die Probleme, mit welchen sich die Astronomen der Neuzeit erfolgreich beschäftigt haben.

Zweites Kapitel.

Messung der Sonnenscheibe. — Gebrauch der Mikrometer und der Heliometer.

Die Sonne nimmt am Himmel einen Raum von etwa einem halben Grade nach allen Richtungen hin ein. Der Abstand ihres oberen und unteren, ihres östlichen und westlichen Randes, mit einem Worte, alle ihre Durchmesser, von der Erde aus in demselben Augenblicke und wenn das strahlende Gestirn in der Nähe des Zeniths ist, gemessen, entsprechen einem Gesichtswinkel von etwa 30 Minuten.

Es würden folglich 720 aneinanderstehende Sonnen nöthig sein, um den Umfang eines größten Kreises an der Himmelskugel auszufüllen.

Wir haben bereits gesehen, daß die Größe des Sonnendurchmessers im Laufe des Jahres veränderlich ist, indem nämlich die Sonnenscheibe im Winter größer erscheint, als im Sommer, und ihr Maximum erreicht, wenn die Winkelgeschwindigkeit der scheinbaren eigenen Bewegung längs der Ekliptik gleichfalls im Maximum ist*). Man begreift also, wie wir nur den angenäherten Werth des Sonnendurchmessers angeben konnten, da dieser Werth für jeden Tag des Jahres ein verschiedener ist, obwohl zu den entsprechenden Zeiten zweier verschiedenen Jahre stets dieselbe Größe wiederkehrt. Wodurch ist es nun den Astronomen gelungen, diese Resultate zu erhalten?

Das Mittel besteht in der Anwendung von Instrumenten, welche zur Messung der Planetendurchmesser, der Elongationen der Satelliten, der Distanzen der Doppelsterne, mit einem Worte zur Messung sehr kleiner Winkel geeignet sind; solche Instrumente heißen Mikrometer und sind von uns bereits ihrem Principe nach beschrieben worden**). In der Mitte des 17. Jahrhunderts waren die Mikrometer noch unbekannt. Zu jener Zeit versuchten Grimaldi und Riccioli die Winkel, unter denen uns die Planeten erscheinen, nicht sowohl zu messen, als zu schätzen, indem sie

*) Siehe das 8. Kapitel des 7. Buches, im ersten Bande S. 235.

**) Siehe das 18. Kapitel des 3. Buches, im ersten Bande der Astr. S. 111.

ihre Bilder im Fernrohre mit den Bildern von papiernen Kreisen verglichen, welche ihren Dimensionen nach bekannt und in bestimmten Entfernungen aufgestellt waren. Huygens modificirte diese mangelhafte Methode; das von ihm erdachte und in seinem Systema Saturnium beschriebene Verfahren bestand darin, daß er im gemeinschaftlichen Brennpunkte des Objectivs und Oculars eines Fernrohrs einen dreieckigen Metallstreifen anbrachte, welcher sich zwischen zwei an den beiden entgegengesetzten Seiten des Rohres befindlichen Führungen bewegte. Man verschob nun diesen Streifen im Gesichtsfelde und ermittelte, an welcher Stelle der Durchmesser des beobachteten Planeten vollkommen bedeckt wurde: aus der Breite des Plättchens, verglichen mit dem Durchmesser der kreisrunden Blende, welche das Gesichtsfeld begrenzte, und deren Größe in Minuten und Secunden aus der Zeit, welche ein Stern im Aequator zum Durchgange brauchte, gefunden wurde, ließ sich der gesuchte Durchmesser herleiten. Einige Astronomen haben an die Stelle des vollen Probeplättchens Huygens' lange dreieckige Spalten gesetzt, allein man ist wohl kaum berechtigt, diese Aenderung als eine Verbesserung anzusehen.

Drei Jahre nach Veröffentlichung des Werkes dieses gefeierten Geometers, das heißt im Jahre 1662, gab der Marquis von Malvasia in seinen Ephemeriden die Beschreibung eines Mikrometers, welches aus mehreren feinen und einander senkrecht durchkreuzenden Silberfäden bestand[2]). Das Gesichtsfeld des Fernrohres wurde dadurch in mehrere rechteckige Abtheilungen getheilt, deren Dimensionen in Minuten und Secunden man durch die Zeit ermittelte, welche ein bekannter Stern gebrauchte, um sie zu durchlaufen. Diese Vorrichtung unterscheidet sich von denen, welche man jetzt an den Mittagsfernröhren und den Mauerkreisen anbringt, nur dadurch, daß die Fäden in derselben einander sehr nahe sein müssen. Es scheint nicht, daß dieses Mikrometer im Anfange großen Beifall gefunden habe, ohne Zweifel wegen der damit verbundenen Nothwendigkeit, falls das Gestirn, welches man mißt, nicht genau zwischen zwei Fäden enthalten ist, den Unterschied zu schätzen. Urtheilt man indeß nach den Resultaten, welche Mayer in seiner schönen Arbeit über die Libration des Mondes aus dieser Methode zu ziehen verstanden, so kann diese Schätzung mit

hinreichender Genauigkeit gemacht werden, vorzüglich wenn die aufeinander folgenden Fäden nur kleine Winkel miteinander bilden.

Im Jahre 1666 kamen Auzout und Picard auf den Gedanken, anstatt der größeren Anzahl fester Fäden, aus denen der eben beschriebene Apparat bestand, blos zwei Fäden anzuwenden, von denen einer mit dem Fernrohre in fester Verbindung stand, während der andere mittelst einer Schraube parallel mit sich selbst fortbewegt werden konnte. Diese wichtige Veränderung hat allgemeine Annahme gefunden, weil das so eingerichtete Mikrometer mit gleicher Leichtigkeit zur Messung aller Arten von Winkeln gebraucht werden kann, und weil der Beobachter sich einer Schätzung überhoben sieht, die durch die stets im Geiste zurückbleibende Ungewißheit und durch die Ungenauigkeiten, welche ihr anhaften können, doppelt unangenehm wird. Uebrigens führte zu den Zeiten Auzout's und Picard's die Anwendung einer Schraube als Meßinstrumentes beträchtliche Nachtheile mit sich; die Ungleichheit der einzelnen Schraubengänge war die Quelle zu um so gefährlicheren Irrthümern, als die Beobachtungskunst fast kein Mittel besaß, um sie zu erkennen oder unschädlich zu machen. Deshalb zog es Picard vor, statt sich auf die Angaben des Zeigers zu verlassen, nach jeder Messung den Abstand der beiden Fäden dadurch zu bestimmen, daß er den ganzen Apparat auf einen Maaßstab legte und die Theilungen mit einem guten Mikroskope beobachtete. So unbequem dieses Verfahren war, so ist es doch lange Zeit bei den Astronomen in Gebrauch gewesen.

Erst seit wenigen Jahren ist man so weit gekommen, daß man aller dieser Vorsichtsmaaßregeln ohne Furcht vor Fehlern entbehren kann; man darf jetzt die Umdrehungen der Schraube, in welchem Sinne auch ihre Bewegung stattgefunden haben mag, als das genaue Maaß der Fädendistanz ansehen, und den Werth des Durchmessers, welchen man beobachtet, unmittelbar an der auf dem Kopfe der Schraube angebrachten ziemlich großen Theilung ablesen.

Nach Maaßgabe der Fortschritte, welche in der Verfertigung der Mikrometer gemacht wurden, fühlten die Astronomen die Nothwendigkeit, die Dicke der beiden Fäden, zwischen welche der Stern eingestellt werden sollte, zu verringern. Auzout und Picard hatten gleich von Anbeginn an statt der Metallplatten und Metallfäden, deren sich

Huygens und Malvasia bedienten, Coconfäden in Anwendung gebracht; Gascoigne, nach Townley's Angabe, brachte den Stern, dessen Durchmesser er untersuchen wollte, zwischen zwei Metallstücke mit sehr scharfen Rändern; Newton bemerkte dagegen, daß die auf diesem Wege erhaltenen Planetendurchmesser den wirklichen Betrag übertrafen, wie dies jederzeit bei einer Oeffnung der Fall sein wird, welche in einem dunkeln Gegenstande angebracht, sich auf einen leuchtenden Grund projicirt. Hooke empfahl, statt der Metallstücke des Gascoigne Haare anzuwenden [3]).

Die Coconfäden, die Haare u. s. w. sind später durch Spinnefäden ersetzt worden, und neuerdings hat man den noch feineren Gold- oder Platinfäden den Vorzug geben können, welche mittelst eines von Wollaston beschriebenen sinnreichen Verfahrens gewonnen werden. Dieser Physiker zerstörte nämlich durch eine Säure den Ueberzug von Silber, welchen das Platina oder das Gold erhalten, bevor sie zu den feinsten Drähten ausgezogen werden.

La Hire schlug im Jahre 1707 vor, zur Herstellung des Mikrometers die feinen und durchsichtigen, biegsamen Glasfäden zu verwenden, welche damals ein Handelsartikel waren und vor der Glasbläserlampe so leicht zu erzeugen sind. Diesen Gedanken hat Brewster vor einigen Jahren wieder aufgenommen, allein ich weiß von keinem Versuche, der einen Vorzug dieser Fäden vor den bis jetzt von den Astronomen angewendeten herausgestellt hätte.

Das sind die Verbesserungen, welche man an dem gewöhnlichen Faden-Mikrometer seit der Zeit seiner Erfindung angebracht hat. Diese Vorrichtung hat vor einigen von denen, welche später erfunden worden sind, den Vorzug, daß man mit derselben Leichtigkeit die Werthe aller Arten von Winkeln, die zwischen Null und der Größe des Gesichtsfeldes des Fernrohres liegen, erhält. Die keineswegs zu übersehenden Mängel des gewöhnlichen Mikrometers bestehen hauptsächlich darin, daß der Astronom sich desselben nur zur Messung von Distanzen senkrecht auf die Richtung der täglichen Bewegung bedienen kann; daß es eine Unverrückbarkeit des Fernrohres voraussetzt, welche sich fast stets nur auf Kosten der Vergrößerung erzielen läßt; daß es endlich einer Vorrichtung zur Erleuchtung der Fäden bedarf. Diese letzte

Bedingung thut der Genauigkeit der Messungen Eintrag, und macht letztere sogar unmöglich, sobald die zu beobachtenden Sterne sehr lichtschwach sind. Zur Ueberwindung der mit der Fädenerleuchtung verbundenen Schwierigkeiten habe ich vorgeschlagen, mit Hülfe des elektrischen Stromes einer Volta'schen Säule die Fäden selbst in höherem oder geringerem Grade leuchtend zu machen, und ich bin überzeugt, daß die Unbequemlichkeiten, welche diese neue Anwendung bei den ersten Versuchen gezeigt hat, sich werden wegschaffen lassen [4]).

Bei allen Fadenmikrometern ist es überaus schwierig, die Wirkungen der Inflexion, welche das Licht in der Nähe der Fäden erfahren kann, zu berücksichtigen; die geringste Aenderung in der Lage und in der Menge des zur Erleuchtung des Gesichtsfeldes angewandten Lichtes ändert den Nullpunkt; selten findet man die Schrauben ganz frei von der bei den Mechanikern todter Gang genannten Unvollkommenheit, d. h. die Schraubengänge sind selten durchaus gleichförmig; die Bestimmung des Nullpunktes und des Werthes der Skalentheile ist mannichfachen Schwierigkeiten unterworfen. Aus allen diesen Ursachen muß ein wirklich gutes Instrument dieser Art sehr kostbar sein und darf nur sehr geschickten Händen anvertraut werden. Man begreift folglich, wie sehr ein Mikrometer, das auf andere Principien gegründet, von der Gesammtheit oder auch nur von einem Theile der eben aufgezählten Mängel frei wäre, einem Bedürfnisse abhelfen und zu den Fortschritten der Astronomie beitragen würde.

Bouguer ist die Erfindung eines Mikrometers zu verdanken, welches auf ganz neuen Principien beruht. Dieser geschickte Physiker kam auf den Gedanken, zwei Objective von gleicher Brennweite und demselben Oculare entsprechend, neben einander an dem Ende eines einzigen Rohres anzubringen [5]). Durch diese Combination erzielt man zwei Bilder, welche gleichzeitig beobachtet werden und deren Abstand von der Entfernung der Mittelpunkte beider Objective abhängt. Ist diese Entfernung nach Belieben veränderlich, so kann sie als Skale für die Messung dienen, und die Bestimmung des Werthes eines Winkels, der eine senkrechte, parallele oder schiefe Lage gegen die Richtung der täglichen Bewegung haben mag, ist auf die Beobachtung der Berührung der beiden Bilder reducirt, welche die beiden Objective hervorbringen.

Die Eigenthümlichkeit dieses Instrumentes besteht darin, daß, um die Bilder zu messen, es keineswegs nöthig ist, dieselben in ihrem ganzen Umfange zu sehen, daß folglich die Vergrößerung keiner Beschränkung unterworfen ist, und der Beobachter die Freiheit behält, die beiden einander berührenden Segmente mit Hülfe von Schlüsseln in denjenigen Theil des Gesichtsfeldes zu rücken, wo sich die Gegenstände am schärfsten zeigen. Dieses Mikrometer von Bouguer, vom Erfinder Heliometer*) genannt, stammt aus dem Jahre 1748, und ist also zehn Jahre älter als die Entdeckung der achromatischen Fernröhre**). Wenn schon von Anfange an ein Hauptmangel des Heliometers darin zu suchen war, daß dasselbe zu seiner Zusammensetzung die Combination zweier einfachen Linsen von derselben Brennweite erforderte, so hätte dieser Fehler in noch größerem Maaßstabe hervortreten müssen, seitdem die Astronomen die Nothwendigkeit empfanden, bei ihren Beobachtungen sich ausschließlich zusammengesetzter Objective zu bedienen. Aber diese Schwierigkeiten sind gänzlich verschwunden infolge einer von Dollond vorgeschlagenen Modification, welche darin besteht, an die Stelle der ganzen Objective im Heliometer Bouguer's die beiden Hälften eines und desselben Objectives zu setzen[6]).

Die beiden Hälften derselben Linse wirken zusammen, um ein und dasselbe Bild im Brennpunkte zu erzeugen; trennt man diese beiden Theile, wie auf Fig. 132 dargestellt ist, so wird jede Hälfte eben so wirken wie die ganze Linse, d. h. es werden zwei Bilder entstehen. So lange die beiden Halblinsen neben einander standen, mußten sich ihre beiden Bilder decken; verschiebt man aber die Hälfte B längs der Hälfte A, so bleibt dabei das durch A erzeugte Bild m (Fig. 133.) unverrückt, und man kann den Weg messen, welchen die Hälfte B durchlaufen muß, damit das von ihr herrührende Bild n genau zur Berührung mit dem ersteren gelangt. Wird also die Länge dieses Weges



Fig. 132. — Hälften der in den Heliometern angewandten Objective.

---

*) Von ἥλιος, Sonne, und μέτρον, Maaß.

**) Siehe das 11. Kapitel des 3. Buches, im ersten Bande d. Astr. S. 93.

mittelst einer Mikrometerschraube gemessen, so erhält man offenbar den Werth des Winkels, unter welchem der scheinbare Durchmesser ab des zu messenden Himmelskörpers erscheint (Fig. 133). Wenn der Punkt,



Fig. 133. — Bestimmung des Winkels, unter welchem der Durchmesser eines Gestirnes erscheint, mittelst des Heliometers.

wo die Berührung stattfindet, einmal erreicht ist, und man alsdann die Halblinse sich um sich selbst drehen läßt, so wird das Bild n sich successive nach n′, n″, n‴ ... verrücken, so daß es allmälich das Bild m in allen Punkten seines Umfanges berührt (Fig. 134). Dadurch kann man zum Beispiel ermitteln, daß die Sonne in allen Richtungen denselben Durchmesser hat. Es versteht sich von selbst, daß das Fernrohr zugleich parallatisch aufgestellt sein muß *).

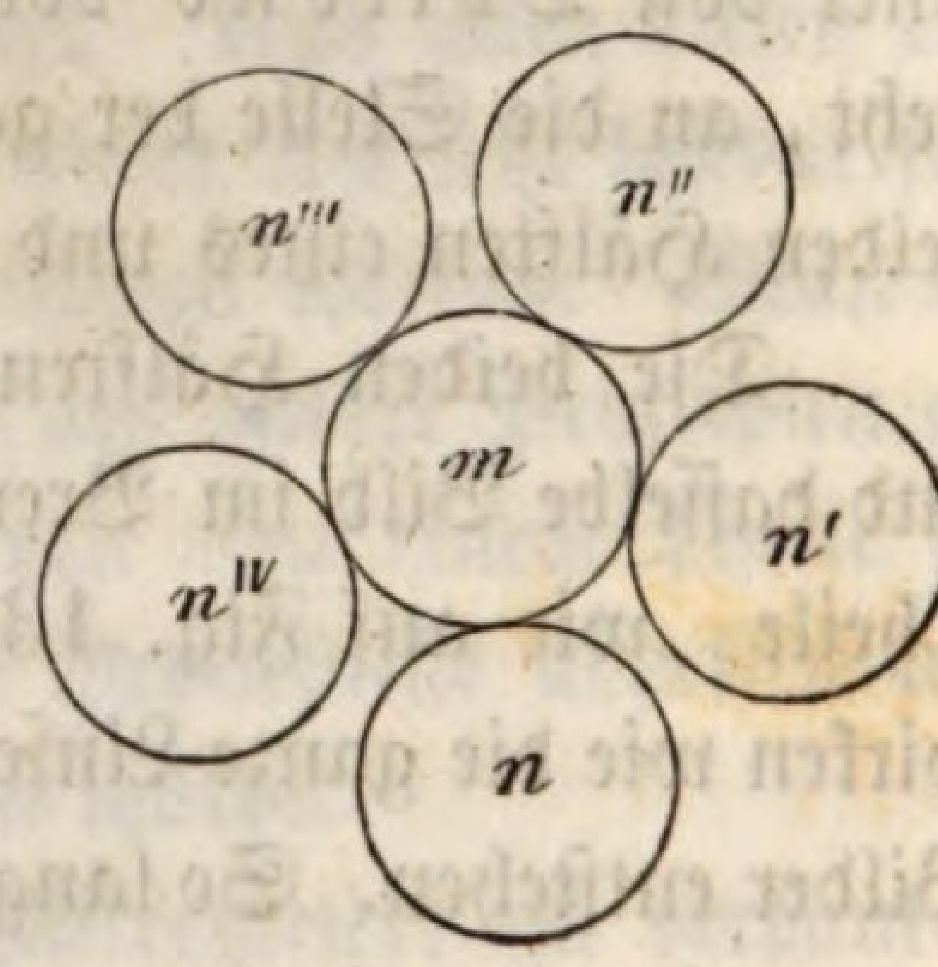


Fig. 134. — Nachweis der Gleichheit aller Sonnendurchmesser durch das Heliometer.

Durch die von Dollond angegebene Vervollkommnung ist das Heliometer Bouguer's, wie man sieht, zur Hälfte leichter und zur Hälfte wohlfeiler geworden; auch läßt sich außerdem mit Leichtigkeit die Anwendung auf Spiegelteleskope machen. Die neue Anordnung kam desto leichter in Aufnahme, da die Werkstätten des geschickten Künstlers, von welchem die Erfindung ausging, zur damaligen Zeit in der Lage waren, alle öffentlichen oder Privatsternwarten Europa's mit Heliometern und selbst Teleskopen zu versehen. Gegenwärtig trifft man kaum ein Heliometer mit vollständigen doppelten Objectiven [7].

---

*) Siehe das 8. Kapitel des 13. Buches S. 37 dieses Bandes.

Für das vollkommenste Heliometer, welches existirt, gilt das Instrument, welches Fraunhofer für die Sternwarte zu Königsberg gebaut hat[8]), und welches, nach der von Bessel, dem berühmten Director dieser Sternwarte, gegebenen Darstellung auf Fig. 135 abgebildet ist. Neben dem Rohre hinlaufend sind zwei Schlüssel ab, cd

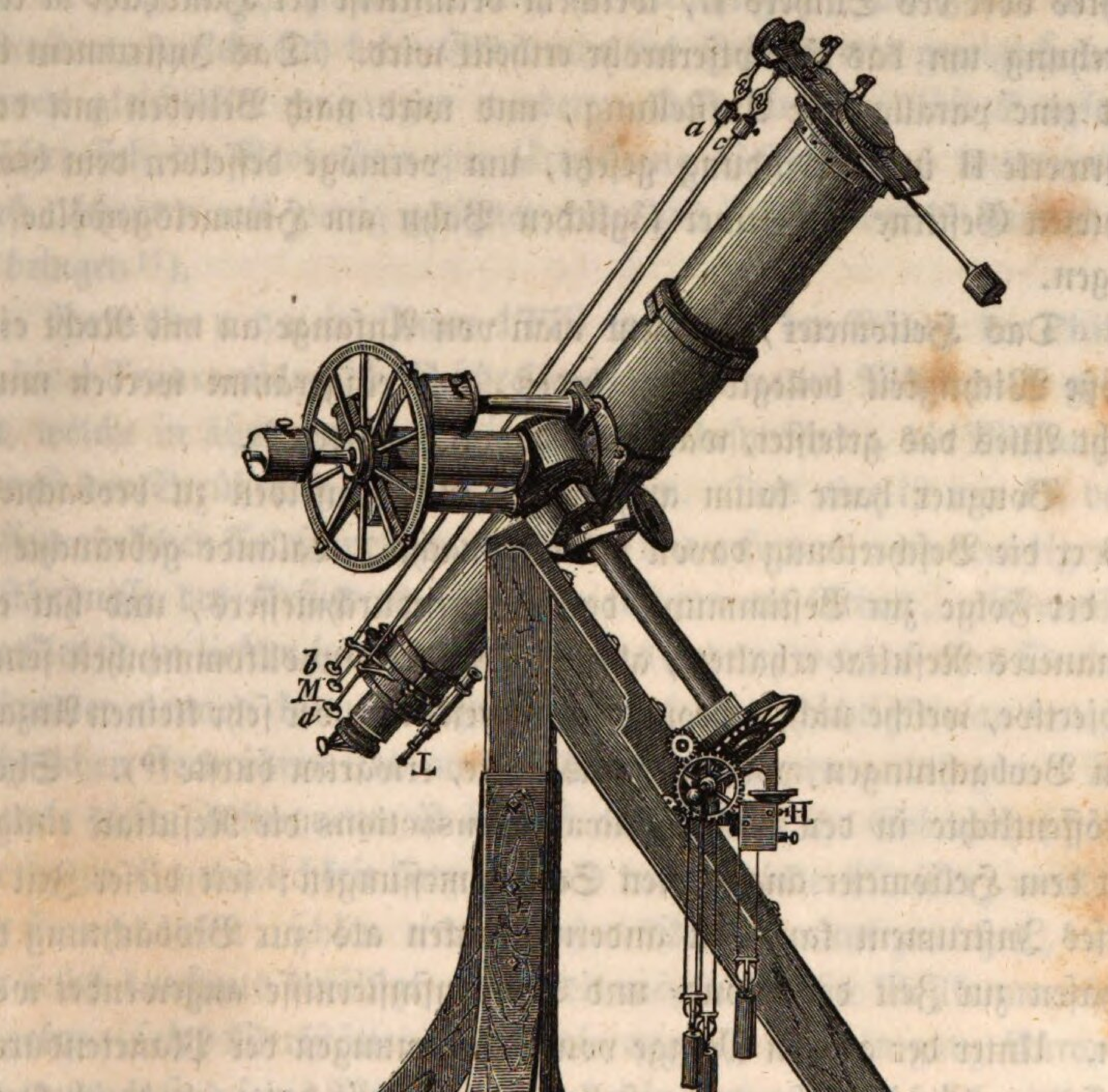


Fig. 135. — Heliometer von Fraunhofer für die königsberger Sternwarte ausgeführt.

sichtbar, vermittelst deren der Beobachter, ohne das Ocular zu verlassen, nach Belieben die beiden Objectivhälften zusammen um die Axe des Fernrohres drehen kann, oder die Schraube in Bewegung setzen, welche die bewegliche Hälfte des Objectives verrückt. Um das unmittelbare Auffinden der Sterne zu erleichtern, bedient man sich des Hülfsfernrohres oder des Suchers L, welchem vermittelst der Handhabe M eine Drehung um das Hauptfernrohr ertheilt wird. Das Instrument besitzt eine parallatische Aufstellung, und wird nach Belieben mit dem Uhrwerke H in Verbindung gesetzt, um vermöge desselben dem beobachteten Gestirne auf seiner täglichen Bahn am Himmelsgewölbe zu folgen.

Das Heliometer, welchem man von Anfange an mit Recht eine große Wichtigkeit beilegte, hat indeß, wie eingeräumt werden muß, nicht Alles das geleistet, was man davon erwartete[9]).

Bouguer hatte kaum angefangen mit demselben zu beobachten, als er die Beschreibung davon bekannt machte. Lalande gebrauchte es in der Folge zur Bestimmung des Sonnendurchmessers, und hat ein genaueres Resultat erhalten, als man bei der Unvollkommenheit seiner Objective, welche nicht achromatisch waren, und der sehr kleinen Anzahl von Beobachtungen, welche er ausführte, erwarten durfte[10]). Short veröffentlichte in den Philosophical Transactions die Resultate einiger mit dem Heliometer angestellten Sonnenmessungen; seit dieser Zeit ist dieses Instrument kaum zu andern Zwecken als zur Beobachtung der Phasen zur Zeit der Mond- und Sonnenfinsternisse angewendet worden. Unter der großen Menge von Bestimmungen der Planetendurchmesser, welche ich zusammenzustellen Gelegenheit hatte, habe ich kaum vier oder fünf gefunden, die mit diesem Instrumente gemacht worden sind; die Astronomen haben in der Regel den Gebrauch der Fadenmikrometer, und selbst noch unvollkommenere Methoden vorgezogen. Diese Vernachlässigung der Heliometer rührt, dünkt mich, von zwei Hauptursachen her: die eine betrifft die Seltenheit guter Objective, die andere liegt in den Fehlern, welche mit der Herstellung dieser Gattung von Mikrometern verbunden zu sein pflegen. Der erste Grund wird nicht eher verschwinden, als bis die pomphaften Versprechungen der Glasfabrikanten rücksichtlich der Bereitung des Flintglases, die

ebenso oft wiederholt worden, als unerfüllt geblieben sind, einen sicherern Erfolg haben; dann erst, und nur dann werden die Künstler sich entschließen, ein wohlgelungenes Objectiv zu zersägen, um ein Heliometer zu verfertigen, und der Astronom wird der Besorgniß überhoben sein, daß die Unvollkommenheiten der Bilder die Genauigkeit der kleinen Größen, welche zu messen sind, beeinträchtigen. Die Fehler in der Parallaxe, welche sich beim Gebrauche des Heliometers gezeigt haben, können gleichfalls umgangen werden; allein die scrupulöse Sorgfalt, welcher sich der Beobachter zur Erreichung dieses Zieles unterwerfen muß, scheinen mir wenig geeignet, um das Instrument in Aufnahme zu bringen[11]).

Ramsden hat im Jahre 1779 in einem der Bände der Philosophical Transactions die Beschreibung zweier neuen Mikrometer geliefert, welche in ähnlicher Art, wie das oben besprochene, die Messungen mittelst der Berührung zweier Bilder gaben. Das eine ist nur bei dem Cassegrain'schen Teleskope*) anwendbar, und erfordert nach dem eigenen Geständnisse des Erfinders eine so vollkommene Arbeit, wie wenige Künstler sie zu liefern im Stande sind; das andere, welches man Ocularheliometer nennen könnte, läßt sich mit gleicher Leichtigkeit an den gewöhnlichen Fernröhren und an den Spiegelteleskopen anbringen. Die Theorie dieser Instrumente ist äußerst einfach und ihr Gebrauch scheint eine große Bequemlichkeit darzubieten; der geschickte Künstler, welchem wir sie verdanken, schien einen großen Werth darauf zu legen, und war selbst durchaus befähigt, ihnen die möglich größte Vollkommenheit zu geben; seine Werkstätten waren die angesehensten in ganz Europa, und dennoch sind seine Mikrometer so wenig verbreitet, daß sich vielleicht in den zahlreichen Sammlungen von Beobachtungen, welche veröffentlicht worden sind, keine einzige Messung finden läßt, welche nach seiner Methode angestellt ist. Sollte auch in diesem Falle die Theorie mit der Erfahrung im Widerspruche stehen? Oder findet die Vergessenheit, in welche diese Mikrometer gerathen sind, ihren Grund in Umständen, welche mit ihrem Werthe nicht zusammenhängen? Dies a priori entscheiden zu wollen, dürfte vergeblich sein; die wenigen Versuche,

---

*) Siehe das 1. Kapitel des 4. Buches im ersten Bande, S. 136 d. Üfr.

welche ich mit demjenigen der beiden Apparate, welcher sich für die gewöhnlichen Fernröhre eignet, zu machen Gelegenheit hatte, haben mir die Ueberzeugung gegeben, daß die Beugung, welche das Licht in der Nähe der die beiden Hälften des Oculares scheidenden Ebene erfährt, der Genauigkeit der Messungen einen nicht unerheblichen Eintrag thun muß.

Ich habe die chronologische Reihenfolge umgekehrt, um die Geschichte des Heliometers und der aus bloßen Modificationen desselben bestehenden Instrumente aus einem und demselben Gesichtspunkte vorzutragen; ich werde jetzt zu den Prismen-Mikrometern übergehen.

Rochon ist unbestreitbar der erste Urheber dieser Gattung von Instrumenten; bereits im Jahre 1768 hatte derselbe in seinen zu Brest gedruckten Abhandlungen den Vorschlag gemacht, den Gebrauch der Bouguer'schen Vorrichtung auf große Winkel auszudehnen, indem achromatische Glasprismen vor den Objectiven angebracht werden sollten [12]). Darauf verfertigte er im Jahre 1778 für die Messung kleiner Winkel ein Mikrometer, welches vor dem Fernrohre befestigt wurde und zwei achromatische Prismen aus Bergkrystall enthielt, die eine Kreisbewegung um einander hatten. So sinnreich dieses Instrument war, so hatte es dennoch den Nachtheil, fast stets vier Bilder von sehr ungleicher Helligkeit zu geben, so daß der Beobachter genöthigt war äußerst sorgfältig darauf zu achten, daß die zur Berührung zu bringenden Bilder nicht verwechselt wurden. Außerdem fand ein beträchtlicher Lichtverlust statt, und die Prismen mußten von großen Dimensionen sein, sowie auch von einer Vollkommenheit in der Arbeit, welche sie sehr kostbar machte.

Rochon erdachte deßhalb eine neue Construction, welche von den besprochenen Mängeln zum Theil frei war und die darin bestand, daß nur ein einziges Prisma von Bergkrystall gebraucht wurde, welches, mittelst zweier Prismen von gewöhnlichem Glase achromatisch gemacht, sich im Innern des Fernrohres längs der Axe bewegte. Dadurch ist man im Stande, mit Genauigkeit alle Winkel zu messen, welche kleiner sind als der der Doppelbrechung des Bergkrystallprismas entsprechende Winkel, wobei man die Brennweite des Fernrohrs als Einheit nimmt. Dieses neue Mikrometer fand bei den Astronomen allgemeinen Beifall,

und eine kleine Zahl genauer Messungen schien alle Erwartungen zu bestätigen, zu denen die Theorie berechtigt hatte. Aber als ob es im Wesen dieser Gattung von Instrumenten läge, stets zu Reclamationen Veranlassung zu geben: was beim Fadenmikrometer Auzout's und beim Heliometer Bouguer's eingetreten war, wiederholte sich bei dieser neuen Gelegenheit. Maskelyne, dem die Trefflichkeit seiner greenwicher Beobachtungen einen wohlverdienten Ruf verschafft hatte, trat mit Zeugnissen von Aubert und Dollond auf, um zu beweisen, daß er bereits zu Ende des Jahres 1776 mit Hilfe eines gleichschenkligen Prismas von gewöhnlichem Glase ein Mikrometer habe anfertigen lassen, welches rücksichtlich des Zweckes und der Mittel dem Mikrometer ähnlich war, dessen Beschreibung der französische Physiker gab. Der Abbé Boscowich glaubte gleichfalls ein Anrecht auf diese Entdeckung zu besitzen und suchte dasselbe geltend zu machen; die Akademie mischte sich in den Streit; in den Tagesblättern erschienen zahlreiche Aufsätze für oder gegen jeden Bewerber, ohne daß sich Jemand um den eigentlichen Werth der Entdeckung kümmerte. Ein bemerkenswerther Zug in dieser langen Discussion ist es, daß das Instrument, um welches es sich handelte, niemals im Gebrauche gewesen ist, so daß weder Maskelyne noch Boscowich, welche ein so großes Interesse dabei hatten, in den zahlreichen Sammlungen von Beobachtungen, welche die Astronomie ihnen verdankt, eine Planetenmessung oder nur eine einzige Beobachtung eines terrestrischen Gegenstandes veröffentlicht haben, welche ein begründetes Urtheil über den praktischen Werth ihrer Erfindung zu fällen erlauben möchte. Das Mikrometer mit Bergkrystallprisma c, welches hinter dem Oculare ab eingesetzt wird und vermittelst der gezähnten Stange d längs der Axe des Fernrohres beweglich ist (siehe Fig. 136), ist von Niemand als das Eigenthum Rochon's angefochten worden, und doch ist es das einzige, welches gleich von vornherein sowohl seinem Erfinder als Méchain mit Erfolg zu Messungen des Mars, des Jupiters und des Saturns gedient hat. Uebrigens ist nicht zu leugnen, daß seitdem die Mehrzahl der Astronomen sich seines Gebrauches gänzlich enthalten haben.

Ich würde den Zweck, welchen ich bei der Abfassung dieses Abschnittes im Auge habe, nur sehr unvollkommen erreichen, wenn ich

von dem Projections-Mikrometer zu sprechen vergäße, zu welchem, wenn ich mich nicht täusche, der erste Gedanke in dem Verfahren

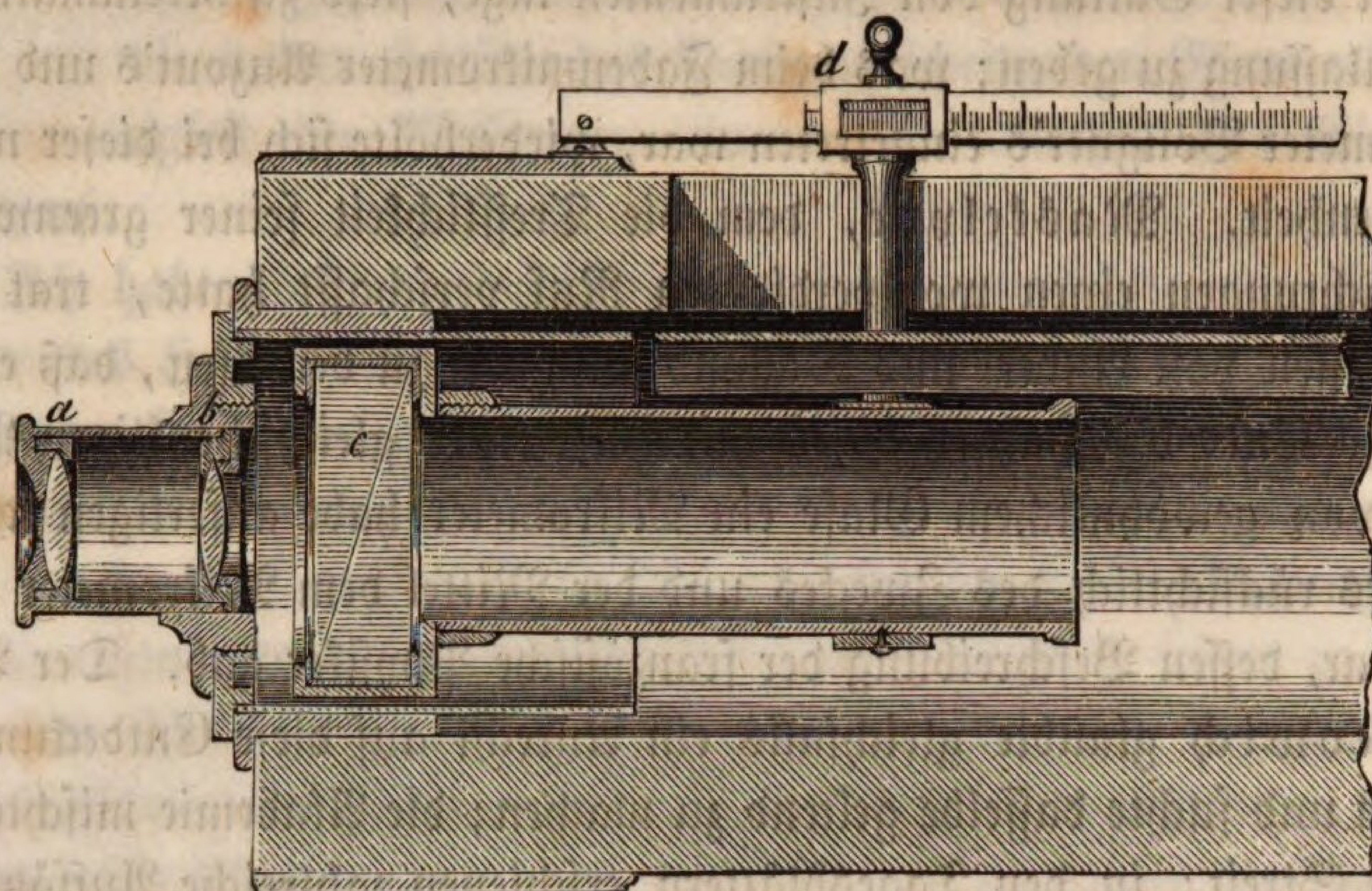


Fig. 136. — Rochon's Mikrometer.

zu suchen ist, dessen sich Hooke und Hawksbee [13]) bedienten, um die Vergrößerung der Teleskope zu messen. Bei diesem Mikrometer, oder vielmehr bei dieser Methode, deren sich Herschel vorzüglich zur Messung sehr kleiner Winkel häufig bedient hat, schneidet man in einen Schirm eine kreisrunde Oeffnung, hinter welcher ein kleiner reflectirender Spiegel aufgestellt wird. Das leuchtende Bild, welches sich auf diese Weise erzeugt, erscheint unter einem desto größeren Winkel, je näher der Schirm dem Auge des Beobachters rückt, und nimmt in derselben Progression ab, wenn der Schirm weiter entfernt wird; eine oder zwei Handhaben setzen in den Stand, die Abstände und folglich die Winkel durch unmerkliche Abstufungen zu ändern. Dies vorausgesetzt, beobachtet man mit einem Auge das durch das Fernrohr vergrößerte Bild des Gestirnes, welches gemessen werden soll, und blickt gleichzeitig mit dem andern Auge ohne Hilfe eines vergrößernden Glases nach der zu vergleichenden Mire, welche man näher oder ferner rückt bis zu dem Punkte, wo ihr Bild die nämliche Ausdehnung zu haben scheint. Der Winkel dieses letzten Bildes ist dann gleich dem Quotienten aus seinen wirklichen Dimensionen, dividirt durch den Abstand vom Auge des

Beobachters; der Winkel des teleskopischen Bildes dagegen ist vergrößert im Verhältnisse der Einheit zu der Zahl, welche die Vergrößerung des Fernrohres ausdrückt. Hieraus folgt endlich, daß der gesuchte Winkel, oder derjenige, unter welchem dies letztere Bild dem unbewaffneten Auge erscheint, gleich ist dem bereits bekannten Winkel der leuchtenden Mire, dividirt durch die angewandte Vergrößerung.

Man kann dieser Methode das Verdienst, sehr sinnreich zu sein, nicht absprechen; allein ohne mich in eine ausführliche Erörterung der Nachtheile einzulassen, welche sie mit sich führt, ist leicht zu bemerken, daß sie in der Aufstellung des Instrumentes ganz besondere Einrichtungen erheischt. Wenn das Rohr, in welches das Ocular eingeschraubt wird, wie bei den Gregory'schen Teleskopen*), eine beträchtlich größere Breite hat, als der Abstand der beiden Augen beträgt, so ist es fast unmöglich, für den Schirm und den Spiegel einen passenden Ort aufzufinden; denn sobald beide nicht weit genug entfernt sind, ist die trigonometrische Berechnung des künstlichen Bildes Irrthümern unterworfen. Steht dagegen der Schirm zu weit ab, so wird das Sehen mit dem bloßen Auge undeutlich, die Vergleichung der beiden Bilder geschieht auf unvollkommene Weise, und die übermäßige Länge der Handhaben, welche die bewegliche Scheibe regieren, macht so viel Schwierigkeiten, daß es fast unmöglich wird zu beobachten.

Die Seltenheit des Projectionsmikrometers hat mir, abgesehen von den eben erwähnten Unbequemlichkeiten, nur ein einziges Mittel gelassen, um für die damit zu erreichende Genauigkeit einen Maaßstab zu gewinnen. Dieses Mittel war die Vergleichung der durch Herschel selbst mit seinem Instrumente ausgeführten Planetenmessungen mit den Bestimmungen derselben Art, welche ich vermittelst anderer sehr genauer Methoden erhalten hatte. Wenn bewiesen wäre, daß die sehr beträchtlichen Fehler, welche ich auf diesem Wege entdeckt habe, und welche sicherlich Niemand dem ebengenannten geschickten Beobachter beizumessen geneigt sein wird, nicht zum Theil von der großen sphärischen Aberration herrühren, welche sich, wie es scheint, nur sehr schwer bei den großen Spiegeln vermeiden läßt, so würde ich nicht anstehen,

---

*) Siehe das 24. Kapitel des 3. Buches, im ersten Bande, S. 126 d. Astr.

das fragliche Mikrometer für ein sehr mangelhaftes Instrument zu erklären, dessen Gebrauch gänzlich zu vermeiden ist[14]).

Ich muß hier noch zweier Modificationen gedenken, welche Herschel in der Construction der Mikrometer ersonnen hat, und welche zum Positions-Mikrometer und zum Lampen-Mikrometer geführt haben.

Denken wir uns einen Stern im Meridian culminirend, d. h. im höchsten Punkte seines täglichen Laufes. Durch seinen Mittelpunkt sei eine Horizontale gelegt. Diese Linie wird auf einer beschränkten Strecke mit dem kleinen Parallelkreise zum Aequator, den der Stern beschreibt, zusammenfallen. Die gerade Linie, welche den Mittelpunkt des Sternes mit einem benachbarten Sterne verbindet, bildet mit jener Horizontallinie einen Winkel, welchen man den Positionswinkel dieses Sternes nennt. Der Positionswinkel läßt sich aus der Rectascensions- und Declinationsdifferenz der beiden Gestirne durch Rechnung herleiten; doch ist es häufig genauer und bequemer, denselben direct zu messen. Diese Messung ist durch eine wesentliche Modification leicht geworden, welche Herschel beim gewöhnlichen Fadenmikrometer eingeführt hat.

Das neue Mikrometer besteht ebenso wie das alte aus zwei Fäden, einem festen und einem beweglichen. Nur bleibt jetzt der bewegliche Faden während seiner Verrückung nicht mehr sich selbst und dem festen Faden parallel: er kann eine Rotationsbewegung erhalten. Mit Hilfe dieser Bewegung bringt der Beobachter nach Belieben den beweglichen Faden in alle möglichen Neigungen gegen den festen Faden, von 0° bis 180°. Die Winkel, um welchen man den beweglichen Faden gedreht hat, liest man außen auf einem getheilten Kreise ab.

Will man einen Positionswinkel im Meridian messen, so braucht man Nichts weiter zu thun, als mit Hilfe der Handhaben (Schlüssel) des Teleskops den Hauptstern, welcher im Scheitel des Winkels stehen soll, in den scheinbaren Kreuzungspunkt beider Fäden zu bringen, und den beweglichen Faden so weit zu drehen, bis derselbe gleichzeitig durch den zweiten Stern geht. Dann liest man auf der Theilung des äußeren Kreises, dessen Rotationsbewegung vermöge der Construction jederzeit der der inneren Fassung gleich ist, welche den beweglichen Faden enthält, unmittelbar den Werth des gesuchten Winkels ab.

Bis jetzt ist vorausgesetzt worden, der eine Stern stehe im Meridian und der feste Faden sei horizontal. Die Beobachtung des Positionswinkels gelingt auf gleiche Weise außerhalb des Meridians, sobald der feste Faden, unter welchem Winkel er auch gegen den Horizont geneigt sei, mit dem Bogen des Parallelkreises am Himmel zusammenfällt, welcher durch den in der Gesichtslinie des Fernrohres liegenden Punkt geht. Dazu kann eine parallatische Aufstellung dienen, welche, ohne der beliebigen Richtung des Teleskops nach allen möglichen Regionen des Raumes ein Hinderniß in den Weg zu legen, dem festen Faden des Mikrometers von selbst die Richtung eines Parallelkreises am Himmel mittheilt, wofern in einer einzigen Lage, zum Beispiel beim Durchgange irgend eines hoch oder niedrig stehenden, südlichen oder nördlichen Sternes durch den Meridian, die Coincidenz des bezeichneten Fadens mit dem entsprechenden Parallelkreise stattgefunden hat. Die einfachste Beobachtung reicht übrigens hin, um diese Anordnung herzustellen.

Das Mikrometer mit drehbarem Faden, welches also zur Messung der Positionswinkel dient, hat in den Arbeiten Herschel's über die Satelliten des Uranus uud über die Doppelsterne die wichtigste Rolle gespielt. Die erste Beschreibung desselben ist vom Erfinder in den Philosophical Transactions für 1781 gegeben worden.

Der Gedanke, welcher vor einigen Jahren soviel Aufsehen erregt hat, die Fäden der gewöhnlichen Mikrometer von vorn zu erleuchten, d. h. von der dem Oculare zugekehrten Seite, von der Seite des Beobachters, gehört, wenn ich mich nicht täusche, gleichfalls Herschel. So erkläre ich mir wenigstens eine Bemerkung zu seiner Abhandlung On the construction of the heavens (Philos. Trans. für 1785 S. 263).

Die unter Anwendung sehr starker Vergrößerungen gemachten Messungen des Winkelabstandes der Mittelpunkte zweier zu einem Doppelsternpaare vereinigten Sterne, leiteten Herschel auf die Construction eines neuen Mikrometers, das er Lampen-Mikrometer (lamp-micrometer) nannte. Das frühere Mikrometer konnte offenbar nicht zu dieser Gattung von Beobachtungen dienen, sobald durch die Vergrößerung der Ocularlinse die Fäden einen den scheinbaren Durch-

messer der Sterne übersteigenden Querschnitt erhielten. Denn wie sollte man in diesem Falle wissen, ob man nach den Mittelpunkten der beiden verglichenen Sterne visirt habe. Herschel empfand auch das Bedürfniß, sich vor den kleinen Ungleichförmigkeiten und dem todten Gange zu schützen, wovon, wie bereits erwähnt, selbst die mit der größten Sorgfalt gearbeiteten Schrauben nicht immer frei sind. Er wollte sich endlich der Nothwendigkeit entziehen, das Gesichtsfeld seines Teleskops künstlich zu beleuchten, ein Umstand, welcher bei den Fadenmikrometern fast nicht zu umgehen ist, und der häufig den äußerst schwachen Begleiter des Hauptsternes unsichtbar zu machen drohte.

Um diesen Zweck zu erreichen, erdachte Herschel das Lampenmikrometer. Dieses Instrument enthält zwei kleine Laternen, welche beide vermittelst dünner Metallplättchen geschlossen werden. In der Mitte einer jeden Platte ist ein feines Loch angebracht, dem Dochte der Lampe entsprechend. Man erzielt auf diese Weise zwei sehr kleine glänzende Punkte, welche sich vermittelst einer passenden Vorrichtung von etwa 10 Fuß langen Handhaben, von einander entfernen und einander nähern lassen, während sie gleichzeitig jede mögliche Neigung gegen den Horizont annehmen.

Dieser Vorrichtung bediente sich Herschel, wenn er einen Doppelstern beobachten wollte. Mit dem rechten Auge blickte er durch sein Newton'sches Teleskop auf den Stern, während gleichzeitig das unbewaffnete linke Auge, außerhalb des Instrumentes, und ohne eine vergrößernde Linse, auf die beiden leuchtenden Punkte des Mikrometers gerichtet war. Diese Punkte erschienen auf der Verlängerung der scheinbaren Gesichtslinie des andern nach dem Doppelsterne blickenden Auges, so daß die beiden Systeme von beobachteten Gegenständen sich auf einander projicirten. Nach einigem Probiren mittelst der Bewegung der Handhaben war es möglich, die beiden künstlichen Lichtpunkte mit den teleskopischen Bildern der beiden Sterne des Doppelsternes zugleich zur Deckung zu bringen. War dies erreicht, so brauchte man nur noch mit einem getheilten Maaßstabe die geradlinige Entfernung der beiden Nadellöcher zu messen. Diese Entfernung bildet offenbar für einen Halbmesser von 10 Fußen die Tangente des vergrößerten Winkelabstandes der beiden Sterne. Wird also der Werth dieses Winkels, wie

ihn die trigonometrischen Tafeln ergeben, durch die Vergrößerung des Teleskops dividirt, so erhält man die wirkliche Winkelentfernung der beiden Componenten des Doppelsternes. Das Instrument ergab ebenfalls für die Zeit der Beobachtung den Winkel, unter welchem die Verbindungslinie beider Sterne gegen die Verticale oder gegen den Horizont geneigt war.

Jedermann sieht ein, daß der Gebrauch des Lampen-Mikrometers sich keineswegs auf die Beobachtung der Doppelsterne beschränkt: dasselbe kann mit gleicher Leichtigkeit zur Messung der scheinbaren, wirklichen oder eingebildeten Durchmesser der Planeten, der Satelliten und der Firsterne angewandt werden. Auch wird Keinem die Bemerkung entgangen sein, wie große Analogie das Verfahren, welches der Gebrauch dieses Instrumentes erheischt, mit der Methode darbietet, deren sich die älteren Beobachter, zum Beispiel Galilei, bedienten, um die Vergrößerung eines Fernrohres zu bestimmen.

Ich habe bereits einige Male in diesem Abschnitte anzumerken Gelegenheit gehabt, wie weit in der Regel die Genauigkeit, welche ein Instrument auf den ersten Blick zu versprechen scheint, von der in der Praxis sich ergebenden Genauigkeit entfernt ist, sobald man es wirklich auf den Himmel anwendet. Nach dieser Betrachtung könnte ich mich der Verpflichtung für überhoben erachten, jene zahlreichen Mikrometer zu erwähnen, welche Herr Brewster in seinem Werke Philosophical Instruments, veröffentlicht im Jahre 1813, so ausführlich beschrieben hat, weil keines von ihnen einer Prüfung durch die Praxis unterworfen worden zu sein scheint. Da sich jedoch in der Mehrzahl dieser Instrumente offenbar nur Modificationen der bereits besprochenen Mikrometer erkennen lassen, so kann nach der Analogie über ihren Werth ein Urtheil gefällt werden, und ich werde mich dieser Aufgabe um so lieber unterziehen, als sie sich in wenig Zeilen erledigen läßt, und wir alsdann die ganze Reihe der wirklich ausgeführten oder auch nur beschriebenen Mikrometer durchlaufen haben.

Das erste unter den Brewster'schen Instrumenten, welches er neues Faden-Mikrometer nannte, und worauf er einen großen Werth legte, da er sich das ausschließliche Eigenthum durch ein Patent zu sichern suchte, besteht wie das Auzout'sche Mikrometer aus zwei

Fäden, zwischen welche der Stern eingestellt werden muß. Allein während bei diesem letzten Instrumente der eine Rand des zu messenden Objects zur Berührung mit dem festen Faden gebracht, und dann, wie oben gezeigt, mittelst einer Schraube der bewegliche Faden parallel mit sich verrückt wird, bis er den entgegengesetzten Rand berührt: so bleiben bei der neuen Einrichtung beide Fäden in festem Abstande von einander, und es werden dadurch, daß man die Vergrößerung des Fernrohrs steigert oder vermindert, die Dimensionen des Bildes entsprechend verändert, dergestalt, daß man ebenfalls die beiden Ränder mit den beiden Fäden in Berührung zu bringen vermag. Die Aenderung der Vergrößerung wird durch Einschaltung eines beweglichen Objectivs zwischen dem Hauptobjective und dessen Brennpunkte bewirkt. Aber darf man wohl erwarten, daß hierdurch das Bild Nichts von seiner Schärfe verlieren, daß man sich nicht weit größeren Fehlerquellen aussetzen werde, als diejenigen, welche man vermeiden wollte? Dieses Mikrometer erfordert ferner zwei ausgezeichnete Objective; Grund genug, um seinen Preis so zu steigern, daß sich eine weitere Verbreitung desselben kaum erwarten läßt. Wie es übrigens um diese Schwierigkeiten stehen mag, keinenfalls wird die Bemerkung überflüssig sein, daß die Erfindung Nichts weniger als neu ist, und daß 106 Jahre vor dem Erscheinen des Werkes des Dr. Brewster, d. h. im Jahre 1707, La Hire in dem Recueil de l'Académie des sciences die Beschreibung eines Mikrometers veröffentlicht hat, welches mit dem vom englischen Gelehrten empfohlenen durchaus identisch ist. Man hat also La Hire, oder wenn man will selbst Römer, der sich noch früher mit demselben Gegenstande beschäftigte, die erste Idee der Mikrometer mit veränderlichen Vergrößerungen zu verdanken.

Beim gewöhnlichen Fernrohre ist die Vergrößerung eine bestimmte Function der Brennweite des Objectivs und der Oculare; um eine veränderliche Vergrößerung zu erhalten, ist folglich die Einschaltung einer neuen, beweglichen Linse nicht zu umgehen, welche der Schärfe der Bilder nothwendigerweise Eintrag thun muß. Beim Gregory'schen oder Cassegrain'schen Spiegelteleskope enthält der Ausdruck für die Vergrößerung als variable Größe den Abstand des kleinen und großen Spiegels; ändert man also diesen Abstand, so wird das Vergrößerungsvermögen

verschiedene Werthe annehmen, und zwei feste Fäden können, wie in einem gewöhnlichen Fernrohre, zur Messung variabler Durchmesser dienen. Dies ist das zweite der Brewster'schen Mikrometer. Dasselbe eignet sich, wie der vorhergehende Apparat, nur zur Beobachtung von Durchmessern senkrecht auf die Richtung des täglichen Umlaufs der Gestirne, und verlangt, daß den Fäden dieselbe Richtung gegeben werden könne, was ohne eine parallatische Aufstellung jederzeit äußerst unbequem ist. Wie beim gewöhnlichen Mikrometer, kann auch hier das Licht in der Nähe der Fäden eine Beugung erleiden, deren Wirkungen gar schwer in Rechnung zu ziehen sind, und wenn wir hinzufügen, daß ebenso wie bei dem gewöhnlichen Mikrometer eine künstliche Erleuchtung des Gesichtsfeldes erforderlich ist, so wird man leicht einsehen, daß bei den neuen Constructionen keine anderen Fehler vermieden werden, als die bei den früheren Instrumenten aus dem todten Gange der Schraube hervorgingen.

Bereits oben (S. 58) ist von einem Mikrometer die Rede gewesen, welches aus einem gleichschenkligen, zwischen dem Objective und dessen Brennpunkte verschiebbaren Glasprisma besteht; wird dieses Prisma durch zwei Halblinsen ersetzt, deren Mittelpunkte nicht zusammenfallen, während sie dieselbe Beweglichkeit besitzen, so erhält man die Erfindung, welche Brewster das neue getheilte Objectiv-Mikrometer nennt. Es scheint aber nicht möglich, in dieser Vorrichtung eine Verbesserung zu erblicken, denn vermöge seiner Einrichtung muß dieses Mikrometer gleichzeitig mit den Mängeln des gewöhnlichen Prismenmikrometers und denen, welche sich beim Gebrauche des Heliometers zeigen, behaftet sein.

Das Instrument ferner, welches derselbe Erfinder das Mikrometer mit leuchtenden Bildern nennt, hat den speciellen Zweck, zur Bestimmung der Entfernung zweier sehr nahe stehenden Punkte zu dienen, und die interessanten Resultate, welche das Studium der Bewegungen der Doppelsterne zu versprechen scheint, verleihen einer solchen Untersuchung eine große Wichtigkeit. Allein kaum sollte man annehmen, daß Herr Brewster von dem Verfahren, welches er vorschlägt, irgend genaue Resultate erwartet habe, da dasselbe verlangt, die Bilder der beobachteten Punkte durch Einschieben oder Heraus-

ziehen des Oculares so weit zu vergrößern, bis ihre Ränder sich berühren. Wer aber nur einigermaßen mit dem Gebrauche des Fernrohres bekannt ist, weiß, daß sobald man mit dem Oculare aus dem Brennpunkte herausrückt, die Bilder um so mehr an Schärfe verlieren, als die Franzen der verschiedenen Farben, welche infolge der unvermeidlichen Fehler der Achromasie auftreten, dann sehr breit werden und eine bedeutende Lebhaftigkeit erlangen. Ich brauche über dieses Instrument wohl nicht mehr zu sagen, da dessen Einführung sicherlich kein Astronom befürwortet, sowie sich jeder hüten würde, bei der Bestimmung von Rectascensionen und Declinationen den Brennpunkt zu verlassen, um an der Stelle des Mittelpunktes vom deutlichen Bilde die beiden Ränder des verzogenen oder verwaschenen Bildes zu beobachten.

Man wird vielleicht fragen, wie die Astronomen mit Hülfe einiger von den soeben besprochenen Instrumenten, die ich als so unvollkommen dargestellt habe, nichtsdestoweniger zu Resultaten gelangt sind, welche stets als Muster der Genauigkeit angeführt werden? Hierauf erwiedere ich, daß wenngleich man im Allgemeinen zu der Behauptung berechtigt ist, daß die relativen Winkelabstände in genügender Weise gemessen werden, andrerseits nicht eine einzige absolute Bestimmung aufzuweisen ist, welche ein vorurtheilsfreier Beobachter auf 2 Secunden verbürgen möchte, und daß insbesondere bei Beobachtungen der Planetendurchmesser ich ganz neuerliche Messungen anführen könnte, welche von ebenso geschickten als mit trefflichen Fernröhren versehenen Astronomen ausgehend, nichtsdestoweniger um 4 auch 5 Secunden unter einander differiren, ohne daß eine Entscheidung möglich ist, auf welcher Seite die Wahrheit liegt.

Als ich oben das Auzout'sche Instrument beschrieb (siehe S. 50), habe ich nicht von dem Mikrometer des Tiberius Cavallo gesprochen, welches man in den Philosophical Transactions vom Jahre 1791 unter dem Namen des neuen Perlmutter-Mikrometers angeführt findet, weil ich nicht einsehe, was mit der Einführung eines kaum durchsichtigen Körpers, um die Theilungen zu machen, an der Stelle der Glastafeln, deren sich La Hire bediente, gewonnen ist. Herr Brewster schlägt in seinem Werke gleichfalls ein Mikrometer aus Perlmutter vor. Es besteht dasselbe aber blos aus einem kreisrunden Ringe

von diesem Stoffe, mit einer Theilung in 360° versehen, welcher im Brennpunkte des letzten Oculares angebracht werden soll, damit die Theilung leicht erkennbar sei. Man bestimmt nun zuerst mittelst des Durchganges eines Sternes oder durch ein analoges Mittel, wie groß der Durchmesser dieser Oeffnung ist, und sucht dann, wenn ein beliebiger Abstand gemessen werden soll, welcher Sehne in jenem Kreise derselbe gleich ist. Ich gestehe, ich habe nicht auffinden können, welche Vorzüge dieses Instrument, selbst wenn man seinen Gebrauch auf die Beobachtung von terrestrischen und unbeweglichen Gegenständen beschränken wollte, vor dem gewöhnlichen Mikrometer mit festen Theilungen darbieten soll; denn bei dem letzteren geschieht die Beobachtung stets im Centrum des Fernrohres, während bei jenem Instrumente das Object stets an den Rand des Gesichtsfeldes gebracht werden muß.

Faßt man die Bemerkungen, welche wir in diesem Abschnitte zu machen Gelegenheit gefunden, unter einen und denselben Gesichtspunkt zusammen, so ergibt sich, daß unter der großen Zahl der aufgeführten Mikrometer nur drei sind, nämlich das Fadenmikrometer von Auzout, das Heliometer von Bouguer und das Projectionsmikrometer von Herschel, welche bei Messungen am Himmel wirklich Anwendung gefunden haben. Das erste, bei welchem die Einstellung sehr schwierig ist, kann außerdem nur bei Durchmessern gebraucht werden senkrecht gegen die Richtung der täglichen Bewegung; das zweite gibt nicht constant die nämlichen Resultate, wie groß auch die Geschicklichkeit des Astronomen und seine Sorgfalt bei den Beobachtungen sein mag; das dritte, dessen Gebrauch sehr schwierig ist, läßt sich kaum als ein eigentliches Instrument ansehen, und scheint keineswegs von Fehlern frei zu sein [15]).

Unter den Mikrometern, welche vor meiner Zeit die Prüfung durch die Praxis bestanden haben, ist der Vorrichtung Rochon's nicht gedacht worden, weil die Mars- und Saturnsmessungen, welche dieser geschickte Physiker gleich zu Anfange vornahm, weder von ihm noch von einem andern Astronomen wiederholt und nicht ausreichend sind, um die von der Anwendung dieses Instrumentes zu erwartende Genauigkeit zu documentiren. Allein gegenwärtig liegen zahlreiche Beobachtungen der verschiedensten Gattung, die vier Jahre hindurch angestellt wurden, vor: Messungen des Jupiters in Bezug auf Durchmesser, Abplattung

und Lage seiner Streifen; Messungen des Saturnsringes, seiner Breite, seiner Neigung gegen die Ekliptik, sowie der beiden Durchmesser des Planeten selbst; Messungen des Mars und seiner Abplattung; der Venus und des Fortschrittes ihrer Phasen; Messungen schwarzer Scheiben auf hellem Grunde, und weißer Scheiben auf dunklem Grunde; Messungen endlich leuchtender planetarischer Scheiben, wie sie sich in sehr glänzenden parabolischen Hohlspiegeln erzeugen. Alle diese Beobachtungen, deren Zahl dreitausend übersteigt, führen meiner Meinung nach zu dem Ergebniß, daß das Instrument Rochon's keineswegs die Vernachlässigung verdient, welche es ohne Grund seitens der Astronomen erfahren hat.

Lange fortgesetzter Gebrauch, dem ich das Mikrometer Rochon's unterworfen, hat mich allerdings mit einigen Mängeln desselben bekannt gemacht. Die Achromasie des Prismas kann nicht gleichzeitig für die beiden Bilder vollkommen sein; bei Anwendung sehr starker Vergrößerungen wirkt dieser Uebelstand äußerst schädlich. Andererseits werden, wenn das Prisma sich in großer Nähe der Ocularlinse befindet, für die Bestimmung des Nullpunktes der Scala oder für die Messung der kleinsten Winkel, die geringsten Unvollkommenheiten im Krystall oder in der Politur der Oberflächen beträchtlich vergrößert; kurz, um Alles mit einem Worte zu sagen, es ist nicht angenehm, eine Vorrichtung in das Fernrohr einschalten zu müssen, welche dessen Güte unvermeidlicher Weise beeinträchtigt.

Wenn man bei der Bestimmung des Nullpunktes der Scala und des Werthes ihrer einzelnen Theile einige Vorsichtsmaaßregeln beobachtet, welche Rochon vernachlässigt hat, weil die Erfahrung allein ihre Nothwendigkeit fühlbar machen konnte, so läßt sich indessen mit seinem Mikrometer (Fig. 136, S. 60) eine große Genauigkeit in der Messung kleiner Winkel erreichen. Diese Genauigkeit scheint mir wesentlich durch zwei Hauptursachen bedingt: zuerst durch die ausnehmende Leichtigkeit, mit welcher sich der Berührungspunkt zwischen zwei leuchtenden Scheiben feststellen läßt, und zweitens durch die Schärfe der Bilder. Bei dem Mikrometer, zu welchem ich jetzt übergehen will, bewahrt man sich dieselbe Schärfe in der Einstellung, und gewinnt, so scheint mir, in der Präcision der Bilder.

Dieses Mikrometer ist aus der Vereinigung zweier eigenthümlichen Beobachtungsmittel hervorgegangen, welche bisher nur getrennt angewandt wurden, ich meine die Veränderung der Vergrößerung des Fernrohrs, combinirt mit der Doppelbrechung des Bergkrystalles. Wenn eine der Linsen, aus denen das Doppelocular eines Fernrohrs besteht, eine gewisse Verschiebbarkeit erhält, so ist dadurch ein Mittel gegeben, die Vergrößerung zu ändern, oder, was dasselbe ist, die Dimensionen des Bildes im Brennpunkte nach Belieben zu variiren. Wenn die Linse nur in geringer Weite verschoben werden soll, so braucht sie nicht vollkommen achromatisch zu sein, ohne daß das Fernrohr Etwas von seiner Güte einbüßt. Dies vorausgesetzt ist klar, daß um dem Bilde eine bestimmte Größe im Brennpunkte des letzten Oculares zu verleihen, eine desto beträchtlichere Vergrößerung erforderlich ist, je kleiner der Winkel ist, unter dem das Object erscheint. Nicht minder leuchtet ein, daß das Verhältniß der Vergrößerungen stets dem der Winkel gleich sein muß, so daß, wenn der Beobachter sich die Dimensionen vergegenwärtigen könnte, unter denen eine bekannte terrestrische Mire sich bei einer gegebenen Stellung des Oculares zeigt, daraus der Werth jedes andern beliebigen Gegenstandes, im Vergleich zu jener Mire als Einheit, hervorgehen müßte, sobald man die Vergrößerung kennt, welche nöthig ist, damit die scheinbaren Dimensionen des Objects den ähnlichen Dimensionen des verglichenen Gegenstandes gleich werden. Allein ohne weitere Ausführung begreift man, daß eine derartige Beobachtung nur dann Anspruch auf Genauigkeit machen kann, wenn der Beobachter den zu messenden Gegenstand gleichzeitig mit dem Vergleichungsobjecte im Auge hat. Wollte man zu diesem Vergleiche zwei feste Fäden im Brennpunkte des letzten Oculares wählen, so würde man das Mikrometer von Römer und La Hire erhalten, welches nur zur Messung von Durchmessern senkrecht auf die Richtung der täglichen Bewegung dienen kann. Bei Anwendung derselben Vorrichtung mit veränderlicher Vergrößerung auf das Bouguer'sche Heliometer könnte man die beiden Objectivhälften in eine constante Entfernung stellen und alle Arten von Durchmessern bestimmen; allein die mit diesem Instrumente verbundenen Fehler in der Parallaxe würden dadurch nicht umgangen werden. Man erkennt ohne Weiteres, daß

die Einführung des beschriebenen variablen Oculares ebensowenig die Mängel des Maskelyne'schen Prismenmikrometers heben würde, als die Fehler des dioptrischen Mikrometers von Ramsden, oder eines der ähnlichen Instrumente von Brewster.

Ebensowenig würde es rathsam erscheinen, wollte man die geradlinige Bewegung des Bergkrystallprismas beim Mikrometer von Rochon durch die Aenderung des Vergrößerungsvermögens ersetzen; allein dieses Mittel wird sehr bequem, sobald man sich der Einrichtung bedient, welche ich im Folgenden beschreiben werde.

Diese Einrichtung besteht darin, daß man das letzte Luftbild des beobachteten Gegenstandes nicht wie bei allen bisher beschriebenen Mikrometern mit Hülfe einer im Innern des Fernrohres oder vor dem Objective gelegenen Vorrichtung mißt, sondern vermittelst eines achromatischen Bergkrystallprismas, welches seinen Platz zwischen der letzten Ocularlinse und dem Auge erhält, genau in dem Punkte, wo man das gefärbte Glas anbringt, das bei den Sonnenbeobachtungen zur Abschwächung des allzu lebhaften Glanzes dient. Dieses Ocularprisma erzeugt zwei Bilder, welche getrennt, zum Theil übereinander liegend, oder einander berührend erscheinen, je nachdem das vergrößerte Bild des beobachteten Gegenstandes unter einem Winkel von geringerem, größerem oder gleichem Betrage, als der Winkel der Doppelbrechung des Krystalles, erscheint. Da nun die Einrichtung der Oculargläser gestattet, die Vergrößerungskraft des Fernrohres allmälich zu variiren, so wird jene letzte Bedingung stets erfüllt werden können, und dies um so besser, als die Beobachtung der Berührung zweier Bilder eine große Genauigkeit zuläßt.

Ein gewöhnliches Ocular, aus zwei Linsen a und b bestehend, von denen die eine b mittelst einer gezahnten Stange verschiebbar ist, und ein sehr kleines, folglich sehr dünnes achromatisches Bergkrystallprisma c, dies sind die einzigen Theile, aus denen der neue Apparat (Figur 137) besteht. Um mit diesem Instrumente die Messung eines beliebigen Abstandes, welche Neigung derselbe gegen die Richtung der täglichen Bewegung immerhin haben möge, vorzunehmen, genügt es, den unveränderlichen Werth des Winkels der Doppelbrechung in dem Krystalle durch die Vergrößerung zu dividiren, welche erfor-

derlich ist, damit die beiden Bilder sich berühren, und welche für jede Lage der mittleren Linse durch einen vorgängigen Versuch bestimmt werden muß.

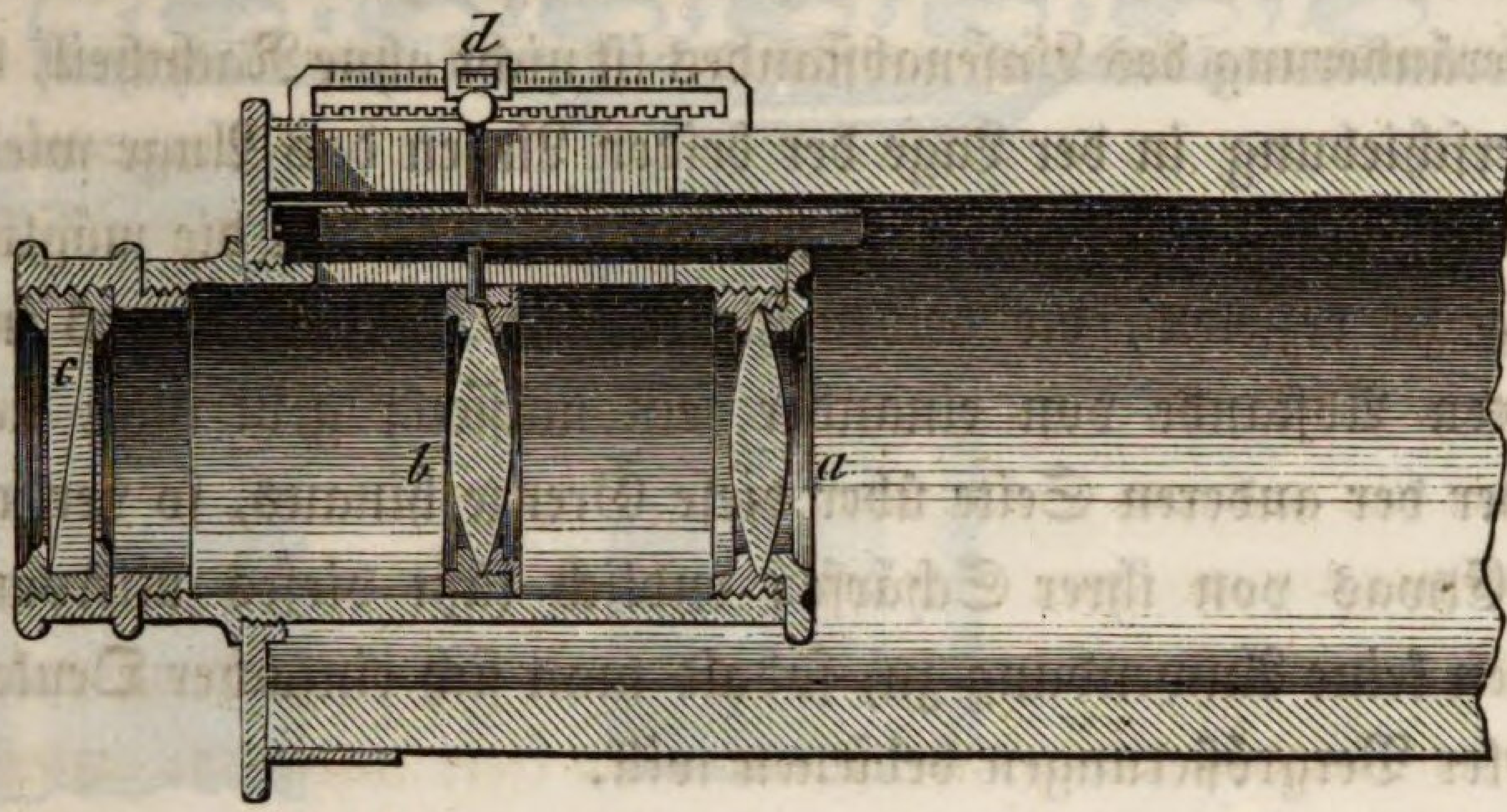


Fig. 137. — Ocularmikrometer mit veränderlicher Vergrößerung von Arago.

So viele geschickte Astronomen und Künstler haben sich mit der Vervollkommnung der Beobachtungsmittel beschäftigt, so viele Instrumente sind ausgeführt oder beschrieben worden, vorzüglich seit einer gewissen Reihe von Jahren, daß es kaum möglich erscheint, in dieser Gattung eine neue Combination zu ersinnen, welche von den schon in Anwendung gebrachten Zusammensetzungen wesentlich verschieden wäre. Alle Vervollkommnungen, alle Modificationen, welche man in der Construction der zahlreichen Gattungen von Instrumenten angebracht hat, zu denen der Astronom je nach Bedürfniß seine Zuflucht zu nehmen genöthigt ist, laufen seit geraumer Zeit im Grunde auf bloße Erleichterungen in der Herstellung hinaus, eine Bemerkung, welche übrigens die Wichtigkeit, die man denselben beilegt, und die sie in der That verdienen, in keiner Art schmälern soll. Diese Behauptung, deren Richtigkeit jeder mit der Geschichte der Astronomie Vertraute anerkennen wird, und welche sich vorzüglich in Betreff der Mikrometer bewahrheitet, legte mir die Verpflichtung auf, der Beschreibung des Mikrometers, welche ich dem Längenbureau am 19. October 1814 vorlegte, eine Uebersicht voranzuschicken, in welcher mein Bestreben dahin ging die genaue Geschichte dieser Gattung von Instrumenten zu geben.

Bei meinem Ocularmikrometer mit variabler Vergrößerung wird die Berührung der beiden Bilder dadurch hervorgebracht, daß man die Vergrößerung des Fernrohres vermittelst einer Aenderung in der Entfernung der beiden Linsen des zusammengesetzten Oculares variirt. Diese Veränderung des Linsenabstandes ist nicht ohne Nachtheil, da nach jeder Verschiebung in der Lage der beiden Linsen das Auge wieder den Brennpunkt aufsuchen muß. Dazu kommt, daß um die möglich beste Wirkung zu erzielen, die beiden Linsen des Doppeloculares in einem bestimmten Abstande von einander sein müssen; geht man nach der einen oder der anderen Seite über diese Grenze hinaus, so verlieren die Bilder Etwas von ihrer Schärfe; endlich läßt dieses mikrometrische Verfahren keine Anwendung zu, sobald man sich einfacher Oculare und sehr starker Vergrößerungen bedienen will.

Bei derjenigen Einrichtung, welche ich schließlich angenommen habe, verschwinden alle diese Uebelstände. Das Prisma liegt stets außen, und seine Fehler werden durch die Vergrößerung nie gesteigert. Die Vergrößerung selbst ist unveränderlich; die kürzesten einfachen, die biconcaven Oculare, welche man heutzutage allzu sehr vernachlässigt, können angewandt werden. Prismen, ein wenig breiter als die Pupille, werden in continuirlicher Reihe, von den kleinsten Ablenkungen der ordentlichen und außerordentlichen Strahlen an bis zu den größten, angefertigt, so daß die Winkel der einzelnen auf einander folgenden sich kaum um 30 und selbst um 15 Secunden unterscheiden. Dieselben werden dann, immer je sieben neben einander, in den Oeffnungen mehrerer Metallstreifen befestigt, in Schiebern, welche sich längs einer Rinne bewegen, die ihrerseits mit der Ocularhülse eines beliebigen Fernrohres oder Spiegelteleskops verbunden ist (Figur 138). Der Astronom hat jetzt nur den Schieber vor seinen Augen zu verrücken, und zu untersuchen, welches Prisma ihm die beiden Bilder des beobachteten Objects in Berührung mit einander zeigt: wird hierauf der Brechungswinkel dieses Prismas durch die Vergrößerung des Fernrohres dividirt, so ist die Messung beendet. Es kann der Fall eintreten, daß das eine Prisma die Bilder nicht hinreichend von einander getrennt hat, während sie beim folgenden bereits zu weit auseinander rücken; dann erhält man für den Werth des gesuchten Durchmessers

zwei Grenzen, zwischen denen man das Mittel zu nehmen hat. Untersuchen wir jetzt, wieviel die Ungewißheit dabei betragen kann.

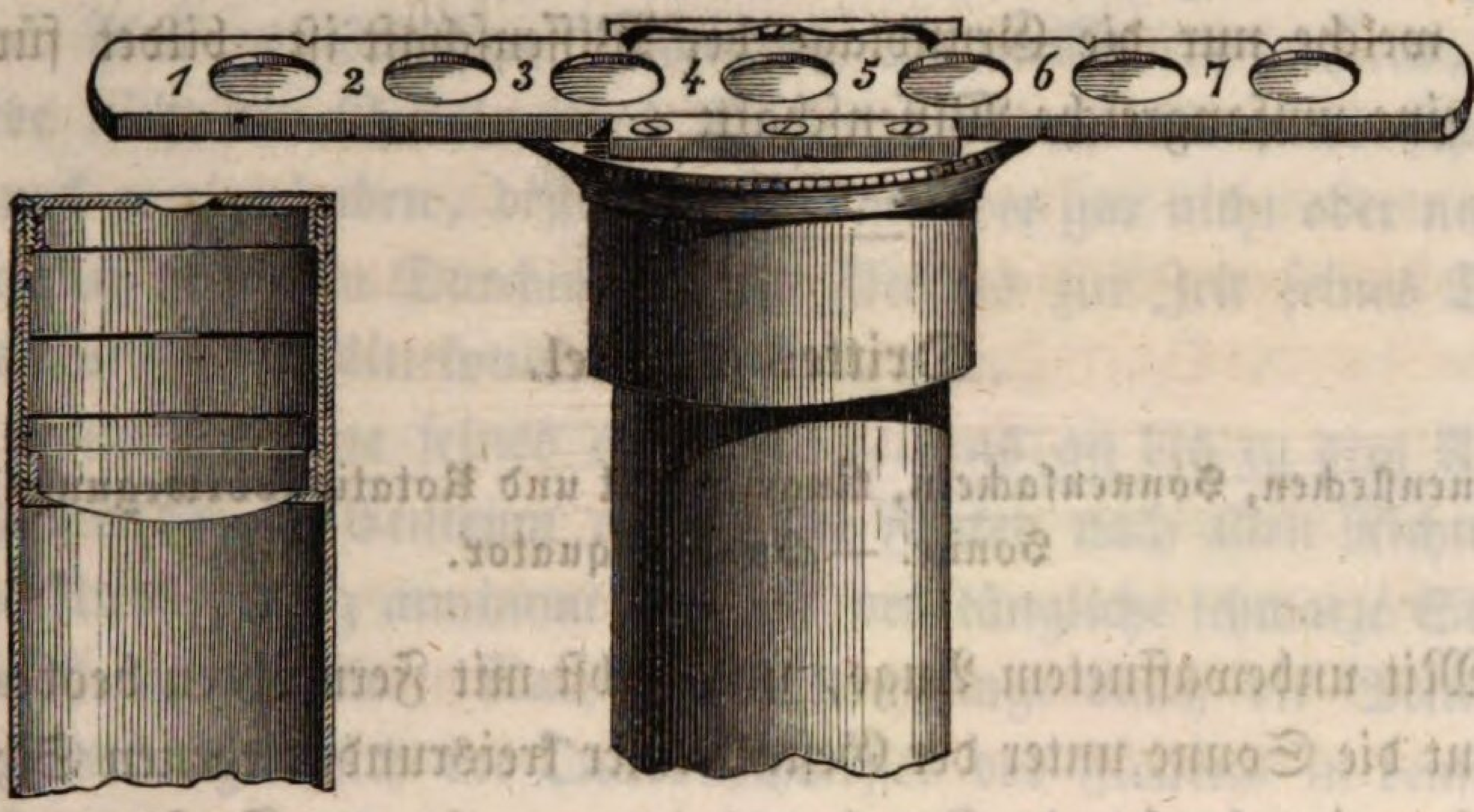


Fig. 138. — Ocularmikrometer mit constanter Vergrößerung von Arago.

Wenn die aufeinanderfolgenden Prismen Winkel mit Intervallen von funfzehn Secunden besitzen, so wird bei Anwendung einer zweihundertmaligen Vergrößerung jede Messung von der, welche das vorangehende Prisma gibt, sich erst um $\frac{15''}{200}$ oder sieben Hunderttheile einer Secunde unterscheiden; die Ungewißheit des Mittels würde also noch nicht vier hundertel Secunden betragen, eine Größe, die gar nicht in Betracht kommen kann [16]).

Diese Vorrichtung eines doppeltbrechenden Ocularmikrometers war bereits seit einigen Jahren auf der pariser Sternwarte in Gebrauch, als ich im Jahre 1847 die Beschreibung derselben der Akademie der Wissenschaften vortrug. Ich darf nicht unterlassen, der wahrhaft ausgezeichneten Geschicklichkeit rühmend zu gedenken, welche einer unserer vorzüglichsten Künstler in der Verfertigung optischer Instrumente, Herr Soleil, bei Ausführung der langen Reihe von gewissermaßen mikroskopischen Prismen an den Tag gelegt hat, welche in den Schiebern des Mikrometers enthalten sind. Dabei verdienen nicht weniger die sehr mäßigen Preise Erwähnung, welche jener Geschicklichkeit erst den rechten Werth verleihen.

Denjenigen, welche die Einzelheiten, die der vorstehende Abschnitt

enthält, ungebührlich lang und ausführlich finden, erwiedere ich mit Fontenelle, daß in der Astronomie gerade das, was zum praktischen Detail gehört, von der äußersten Wichtigkeit ist. Die Beobachtungskunst, welche nur die Grundlage der Wissenschaft ist, bildet für sich allein eine umfangreiche Wissenschaft.

Drittes Kapitel.

Sonnenflecken, Sonnenfackeln, Kugelgestalt und Rotationsbewegung der Sonne. — Sonnenäquator.

Mit unbewaffnetem Auge, und selbst mit Fernröhren beobachtet, erscheint die Sonne unter der Gestalt einer kreisrunden ebenen Scheibe. Da aber eine leuchtende Kugel aus der ungeheuren Entfernung, in welcher die Sonne sich befindet, betrachtet, genau dieselbe scheinbare Gestalt haben muß, so bleibt zu untersuchen, ob die astronomischen Beobachtungen Erscheinungen darbieten, welche zu dem Schlusse führen, daß die Sonne als ein kugelförmiger Körper anzusehen ist, oder ob sie im Gegentheile eine kreisrunde, ebene Oberfläche besitzt. Diese Frage ist in folgender Weise gelöst worden.

Wenn man die Sonne aufmerksam betrachtet, und sich dazu gefärbter Gläser bedient, welche ihren Glanz soweit abschwächen, daß unser Auge denselben ertragen kann, so zeigen sich zu Zeiten auf ihrer Oberfläche schwarze, unregelmäßige Flecken von größerer oder geringerer Ausdehnung. Diese Flecken erscheinen zuerst am östlichen Rande der Sonne, rücken dann allmälich vor nach dem Mittelpunkte der scheinbaren kreisförmigen Scheibe, erreichen denselben nach Verlauf von etwa sieben Tagen, vom Augenblicke ihrer ersten Erscheinung am östlichen Rande an gerechnet, und ziehen am Mittelpunkte vorüber, um am westlichen Rande, nach einem abermaligen Zwischenraume von ungefähr sieben Tagen zu verschwinden. Während einer bestimmten Anzahl von Tagen (etwa vierzehn) bleiben die bezeichneten Flecken unsichtbar, hierauf zeigen sie sich von Neuem am östlichen Rande an den Stellen, wo sie bereits früher gestanden, und vollbringen ihren Lauf wie das erste Mal.

Nehmen wir an, daß die Beobachtungen sich auf einen Flecken beziehen, welcher zur Zeit seines Durchganges durch den Mittelpunkt der Sonne nahezu kreisrund erscheint. In dem Augenblicke dagegen, wo der Fleck am östlichen Rande des Sonnenkörpers auftrat, wird derselbe nicht die Gestalt eines Kreises, sondern die eines schmalen Saumes gezeigt haben, dessen Länge entweder gar nicht oder nur unbeträchtlich von dem Durchmesser des Fleckens zur Zeit seines Durchgangs durch den Mittelpunkt verschieden war.

Vom Momente seines ersten Erscheinens an bis zu dem Augenblicke, wo der im Centrum angelangte Flecken nach allen Richtungen gleiche Ausdehnung annimmt, wächst der längliche schwarze Streifen allmälich an Breite. Nach dem Durchgange durch die Mitte der Sonne verringert sich der Querdurchmesser des Fleckens in demselben Maaße, wie er vorher zugenommen hatte, um endlich in dem Augenblicke, wo der Flecken den westlichen Rand berührt, wiederum zu einem fast geradlinigen Streifen sich zu verengen, wie er zur Zeit seines Erscheinens am östlichen Rande gewesen war.

Untersucht man die Strecke, um welche ein Flecken sich während seines scheinbaren Vorüberganges vor der Sonnenscheibe im Laufe von 24 Stunden fortbewegt, so findet man diese Strecke kleiner, wenn der Flecken in der Nähe des östlichen Randes steht, dieselbe nimmt hingegen zu, je mehr er sich dem Centrum nähert, dort erreicht sie ihr Maximum und nimmt allmälich nach demselben Gesetze wieder ab, wie sie gewachsen war, so daß, wenn der Flecken am westlichen Sonnenrande anlangt, seine Verrückung äußerst gering ist.

Trägt man die successiven Stellungen des Mittelpunktes eines Fleckens in einen Kreis ein, welcher die Sonnenscheibe vorstellen soll, so ergibt sich, daß die Gesammtheit dieser Stellungen im Allgemeinen auf einer sehr abgeplatteten halben Ellipse liegt; daß sechs Monate lang im Jahre die convexe Seite dieser Ellipse nach dem oberen Theile der Sonne zu gerichtet ist, während im Laufe der sechs übrigen Monate die Convexität nach unten liegt; daß endlich in den beiden dazwischenliegenden Zeitpunkten die Flecken gerade Linien zu beschreiben scheinen.

Alle diese Phänomene lassen sich durch die Annahme erklären, daß die Flecken mit der Sonne zusammenhängen, wenn man gleichzeitig

voraussetzt, daß dieses Gestirn eine Kugel ist, welche sich um eine von der senkrechten Stellung gegen die Ekliptik wenig abweichende Axe dreht. Die Richtigkeit meiner Behauptung wird einleuchten, wenn man ein kleines Stück schwarzen Papiers auf die Oberfläche einer beweglichen Kugel klebt, und dieser Kugel eine gleichförmige Umdrehung um eine Axe mittheilt, welche auf der Gesichtslinie vom Auge des Beobachters zum Mittelpunkte der Kugel nahezu senkrecht steht. Es ist klar, daß die Querdimensionen eines Fleckens um so geringer erscheinen müssen, unter einem je schieferen Winkel man ihn sieht, d. h. je näher der Flecken am Rande der Sonne steht; andererseits wird die als gleichförmig vorausgesetzte tägliche Bewegung des Fleckens um so beträchtlicher erscheinen, je mehr der durchlaufene Bogen vom Auge des Beobachters in senkrechter Richtung erblickt wird, oder je näher dieser Bogen dem scheinbaren Mittelpunkte liegt.

Wir dürfen nicht unbemerkt lassen, daß die Erscheinungen genau die nämlichen sein würden, wenn dunkle Körper von sehr geringer Dicke mit gleichförmiger Geschwindigkeit um die Sonne liefen, in geringer Entfernung von ihrer Oberfläche, und zwar in der Weise, daß ihre Lage stets senkrecht bliebe gegen die vom Mittelpunkte der Sonne nach dem Mittelpunkte einer derartigen dunklen Scheibe gezogenen Linie. Kurze Zeit nach der Entdeckung der Sonnenflecken glaubten die Anhänger der Aristotelischen Theorieen durch Annahme der vorstehenden Hypothese ihre Anschauungen mit den Thatsachen in Einklang bringen zu können. In der That erkennt man, daß von dem Augenblicke an, wo solche dunkle Körper infolge ihrer Bewegung aus der Sonnenscheibe heraustreten, sie in dem Ocean des von den Schichten der Erdatmosphäre reflectirten Lichtes, das dies strahlende Gestirn umfließt, nothwendig verschwinden müßten.

Glücklicherweise zeigen sich mitunter, unabhängig von den beschriebenen schwarzen Flecken (maculae solis), auf der Sonnenscheibe Flecken von durchaus verschiedener Beschaffenheit, welche Sonnenfackeln (faculae solis) genannt werden, und im Gegentheil ein intensiveres Licht als die übrigen Theile der Sonnenfläche besitzen. Man könnte also nicht sagen, daß auch diese Flecken beim Austritte aus den Grenzen der Sonnenscheibe unsichtbar werden müßten. Diese Sonnenfackeln aber

bieten genau dieselben Erscheinungen dar, wie die schwarzen Flecken in Betreff der ungleichen Geschwindigkeit, mit welcher sie die Sonnenscheibe von einem Rande bis zum entgegengesetzten durchlaufen. Deshalb steht der Schluß unwiderleglich fest, daß die Sonne eine Rotationsbewegung um ihren Mittelpunkt besitzt. Diese von Ost nach West gerichtete Bewegung ist Nichts als die Fortsetzung der Bewegung, welche auf der unsichtbaren, von uns abgewendeten Halbkugel von West nach Ost gerichtet ist.

Die Zeit, welche zwischen zwei aufeinanderfolgenden Erscheinungen desselben Fleckens am östlichen Sonnenrande, oder zwischen seinem successiven Verschwinden am westlichen Rande verfließt, oder wenn man will, der Zeitraum, innerhalb dessen der Durchgang eines Fleckens durch den Mittelpunkt der scheinbaren Scheibe wiederkehrt, beträgt etwa $27^1/_2$ Tage.

Auf den ersten Blick könnte man geneigt sein, diese Zeit für die wirkliche Umdrehungsperiode der Sonne zu halten, allein eine kleine Ueberlegung zeigt das Irrthümliche einer solchen Annahme.

Man denke sich die Erde in T, den Mittelpunkt der Sonne in C, ABD sei ihr Umfang (siehe Figur 139). Die Sonne scheint in Bezug

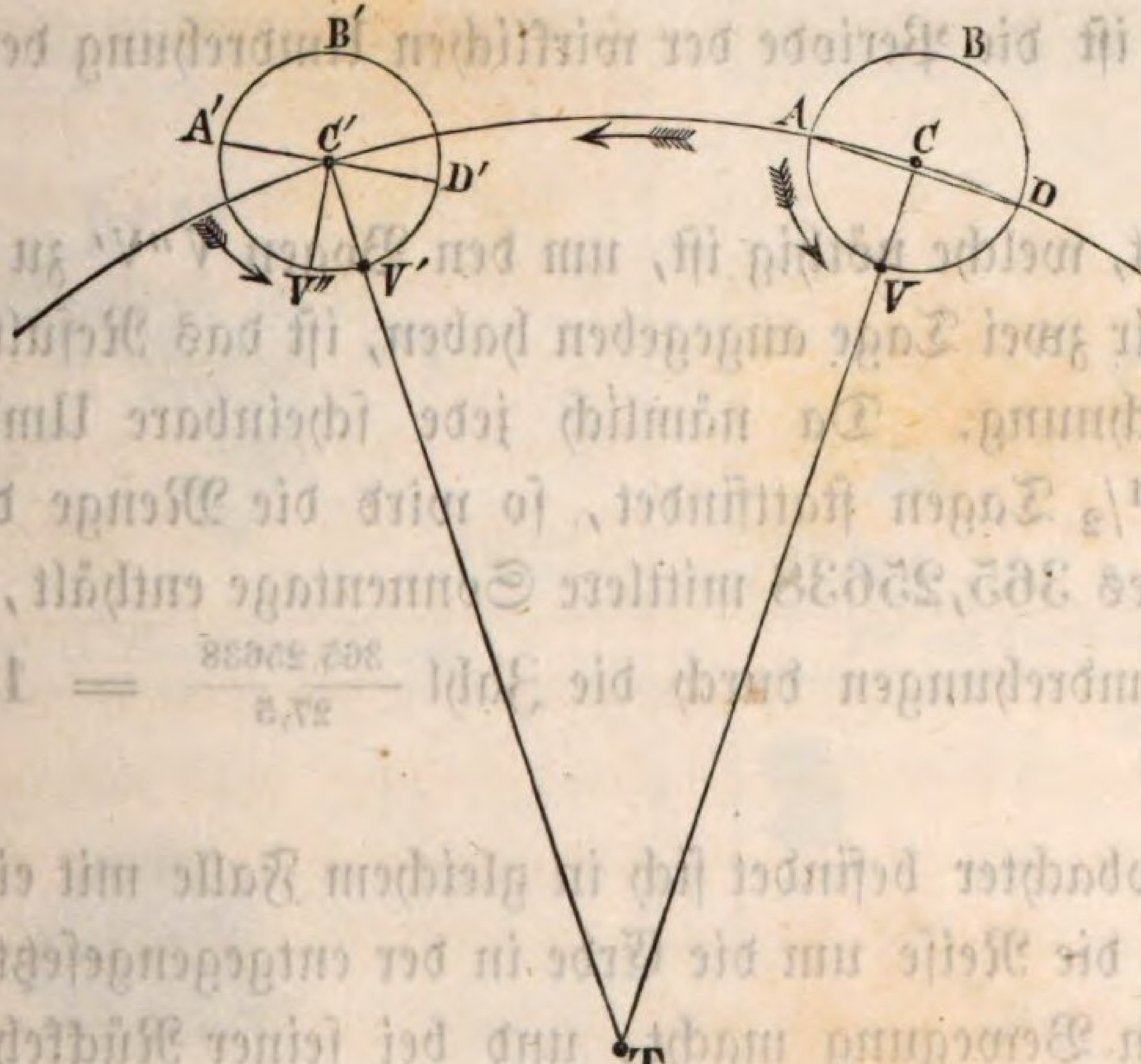


Fig. 139. — Bestimmung der Umdrehungszeit der Sonne.

auf die Erde in einer elliptischen Bahn von der Rechten zur Linken sich zu bewegen. Nehmen wir nun an, ein Sonnenflecken sei ein erstes Mal in der nach dem Mittelpunkte laufenden Richtung TVC beobachtet worden. Nach 27½ Tagen wird derselbe dem Beobachter von Neuem in der Richtung nach dem Mittelpunkte der Sonne, also in TV′C′ erscheinen, indem die letztere in ihrer Bahn während dieser Zeit bis C′ fortgerückt ist. Allein die Umdrehungsbewegung war bereits ganz vollendet, als der Durchmesser AD in die zu AD parallele Lage nach A′D′ gekommen war. Die Gesichtslinie TV′C′, welche bei der veränderten Stellung der Sonne dem scheinbaren Mittelpunkte ihrer Scheibe entspricht, trifft folglich die materielle Oberfläche des Gestirnes in einem Punkte V′, westlich vom Punkte V, der jetzt in V″ liegt und der Richtung der Gesichtslinie nach dem Mittelpunkte 27½ Tage früher entsprach. Folglich ist die Zeit einer wirklichen Umdrehung geringer als die Zeit der scheinbaren Umdrehung, und zwar um so viel, als der Flecken Zeit braucht, um auf der Sonnenoberfläche den Bogen V″V′ zu durchlaufen. Diese Zeit beträgt ungefähr zwei Tage; nimmt man diese also von der Dauer der scheinbaren Rotation von 27½ Tagen hinweg, so bleiben 25½ Tage, welche Zeit der Flecken braucht, um zu demselben Punkte wiederzukehren, wo er das erste Mal beobachtet wurde; dies ist die Periode der wirklichen Umdrehung der Sonne um ihre Axe.

Die Zeit, welche nöthig ist, um den Bogen V″V′ zu durchlaufen, und wofür wir zwei Tage angegeben haben, ist das Resultat einer sehr einfachen Rechnung. Da nämlich jede scheinbare Umdrehung der Sonne in 27½ Tagen stattfindet, so wird die Menge der in einem Jahre, welches 365,25638 mittlere Sonnentage enthält, vollbrachten scheinbaren Umdrehungen durch die Zahl $\frac{365,25638}{27,5} = 13,282$ ausgedrückt.

Der Beobachter befindet sich in gleichem Falle mit einem Reisenden, welcher die Reise um die Erde in der entgegengesetzten Richtung ihrer täglichen Bewegung macht, und bei seiner Rückkehr zum Ausgangspunkte eine Umdrehung weniger zurückgelegt hat, als der Erdball selber. Es müssen also 14,282 wirkliche Umdrehungen in einem

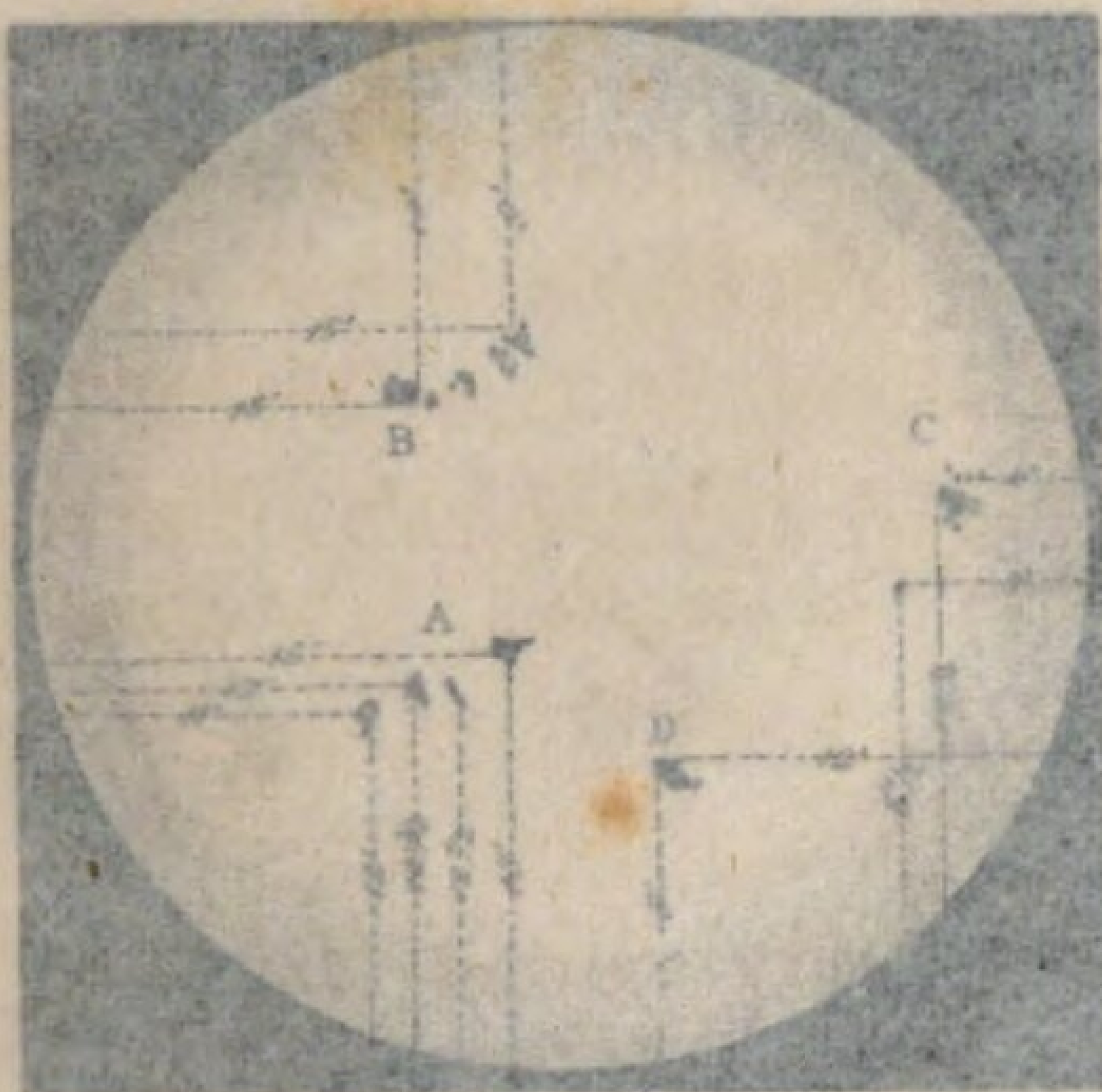


FIG. 140. Aussehen der Sonne am 24 Mai 1828.

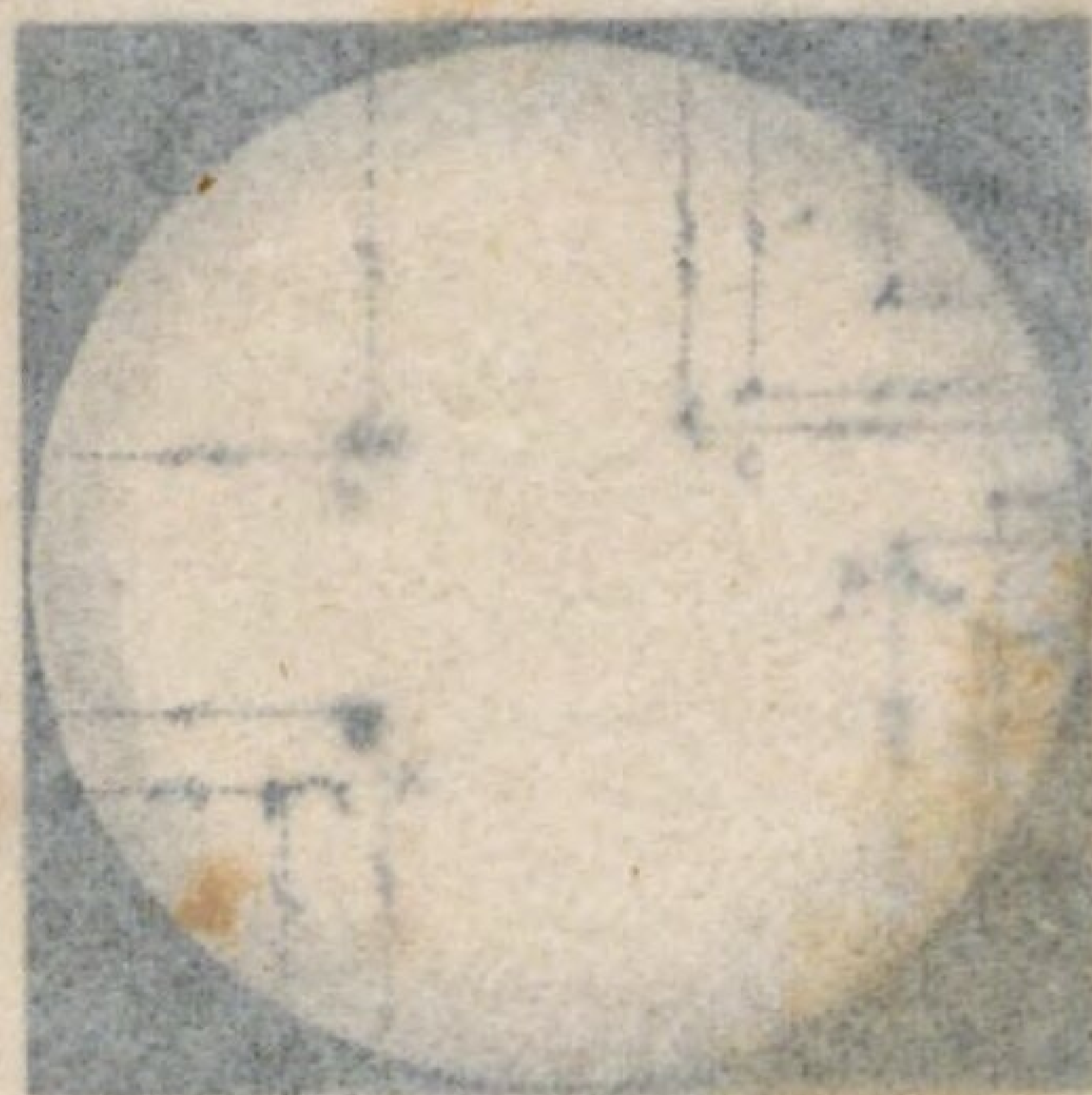


FIG. 145. [illegible]



FIG. 141. Flecken der Gruppe A.



FIG. 146. Flecken der Gruppe A.



FIG. 142. Flecken der Gruppe B.



FIG. 147. Flecken der Gruppe B.



FIG. 143. Flecken der Gruppe C.



FIG. 148. Flecken der Gruppe C.



FIG. 144. Flecken der Gruppe D.



FIG. 149. Flecken der Gruppe D.

Weber sc. Leipzig

auf die Erde in einer elliptischen Bahn von der Rechten zur Linken sich zu bewegen. Nehmen wir nun an, ein Sonnenflecken sei ein erstes Mal in der nach dem Mittelpunkte laufenden Richtung TVC beobachtet worden. Nach 27½ Tagen wird derselbe dem Beobachter von Neuem in der Richtung nach dem Mittelpunkte der Sonne, also in TV′C′ erscheinen, indem die Erde in ihrer Bahn während dieser Zeit bis C′ fortgerückt ist. Aber [illegible] war bereits ganz vollendet, als [illegible] parallele Lage nach [illegible] gekommen war. [illegible], welche bei der veränderten Stellung [illegible] Mittelpunkte ihrer Scheibe entspricht, [illegible] Oberfläche des Gestirnes in einem Punkte [illegible], der jetzt in V″ liegt und der Richtung [illegible] Mittelpunkte 27½ Tage früher entsprach. [illegible] wirklichen Umdrehung geringer als die Zeit der scheinbaren Umdrehung, und zwar um so viel, als der Flecken Zeit braucht, um auf der Sonnenoberfläche den Bogen V″V′ zu durchlaufen. Diese Zeit beträgt ungefähr zwei Tage; nimmt man diese also von der Dauer der scheinbaren Rotation von 27½ Tagen hinweg, so bleiben 25½ Tage, welche Zeit der Flecken braucht, um zu demselben Punkte wiederzukehren, wo er das erste Mal beobachtet wurde; dies ist die Periode der wirklichen Umdrehung der Sonne um ihre Axe.

Die Zeit, welche nöthig ist, um den Bogen V″V′ zu durchlaufen, und welche wir zwei Tage angegeben haben, ist das Resultat einer sehr einfachen Rechnung. Da nämlich jede scheinbare Umdrehung der Sonne in 27½ Tagen stattfindet, so wird die Menge der in einem Jahre, welches 365,25638 mittlere Sonnentage enthält, vollbrachten scheinbaren Umdrehungen durch die Zahl $\frac{365,25638}{27,5} = 13,282$ ausgedrückt.

Der Beobachter befindet sich in gleichem Falle mit einem Reisenden, welcher die Reise um die Erde in der entgegengesetzten Richtung ihrer täglichen Bewegung macht, und bei seiner Rückkehr zum Ausgangspunkte eine Umdrehung weniger zurückgelegt hat, als der Erdball selber. Es müssen also 14,282 wirkliche Umdrehungen in einem

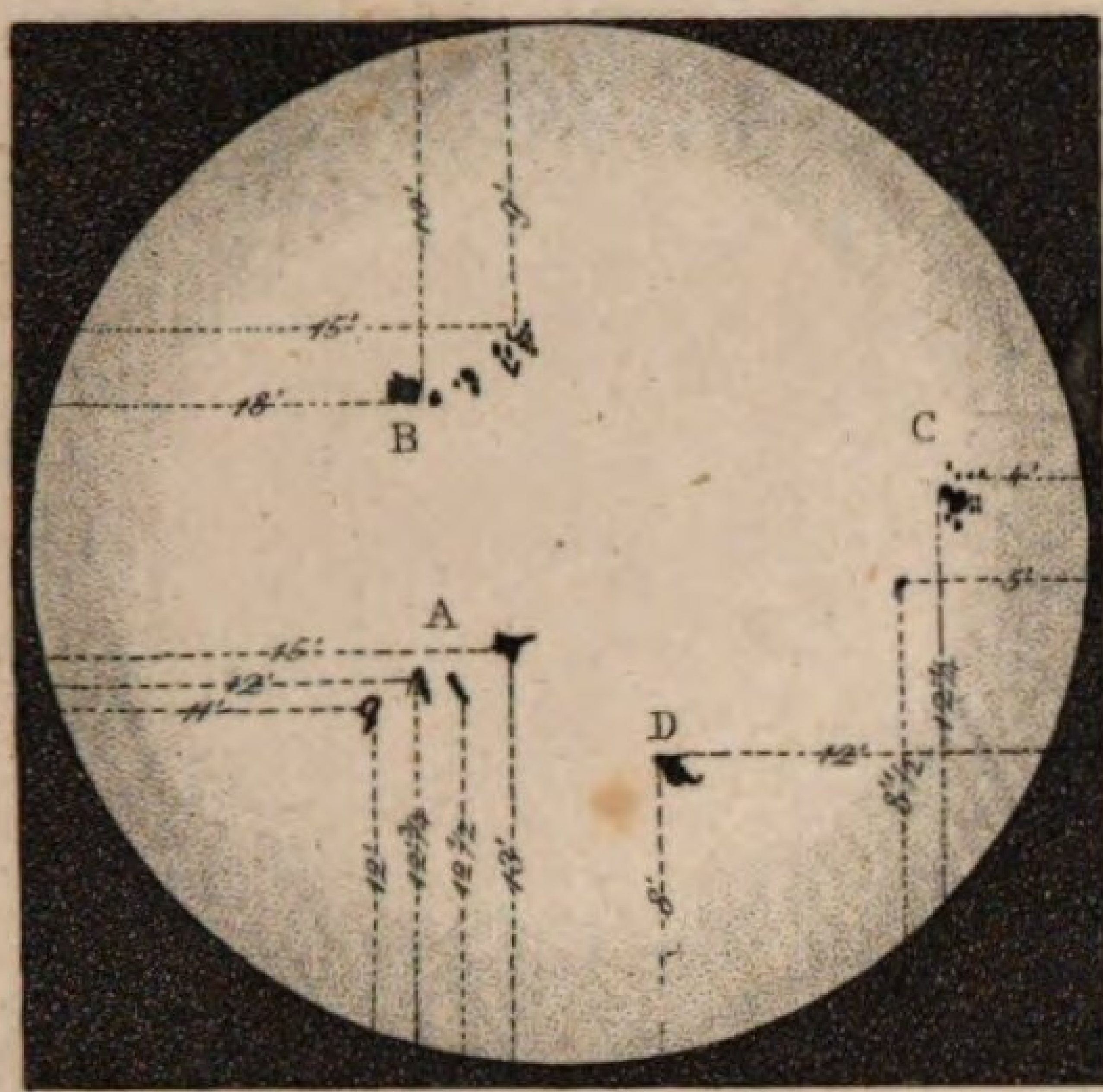


FIG. 140 – Aussehen der Sonne am 24. Mai 1828.

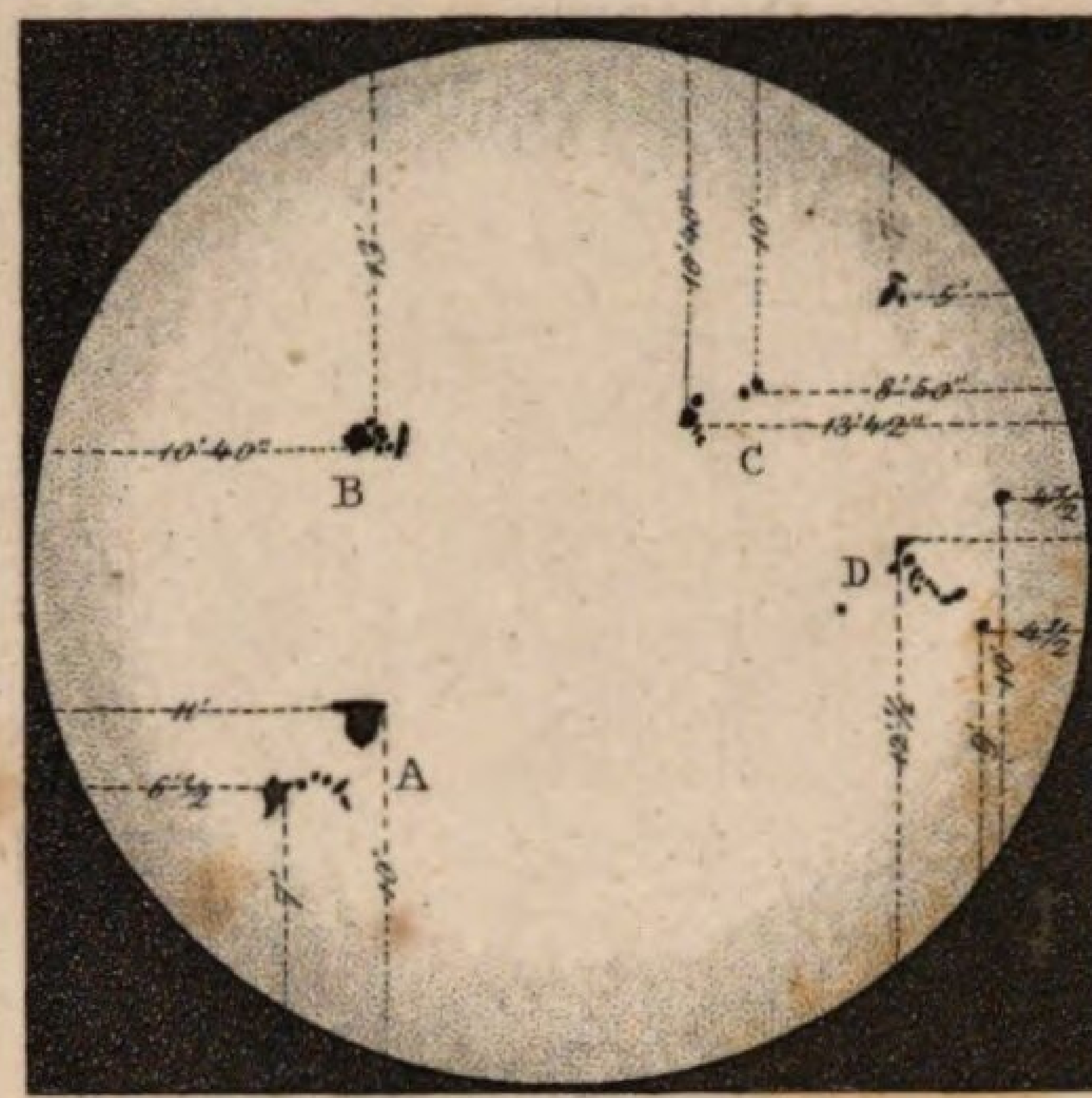


FIG. 145 – Aussehen der Sonne am 21. Juni 1828.



FIG. 141 – Flecken der Gruppe A.

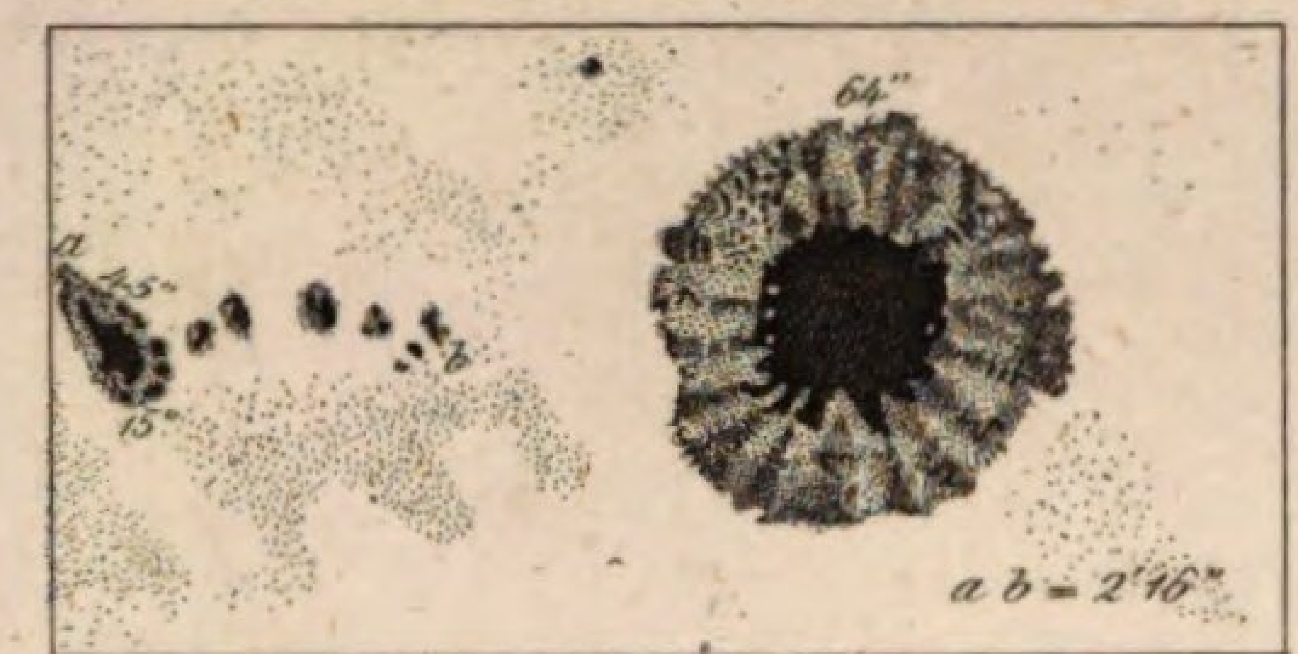


FIG. 146 – Flecken der Gruppe A.



FIG. 142 – Flecken der Gruppe B.



FIG. 147 – Flecken der Gruppe B.

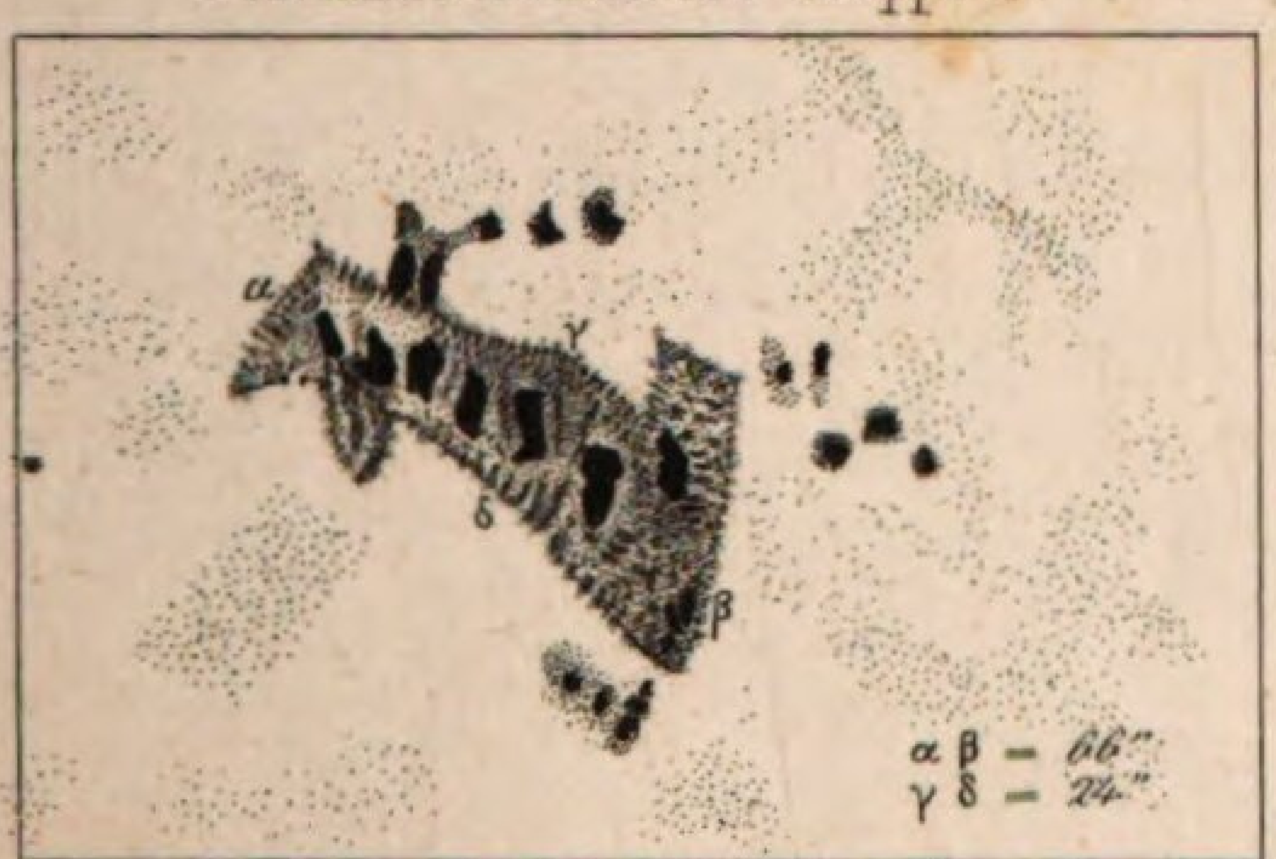


FIG. 143 – Flecken der Gruppe C.



FIG. 148 – Flecken der Gruppe C.



FIG. 144 – Flecken der Gruppe D.

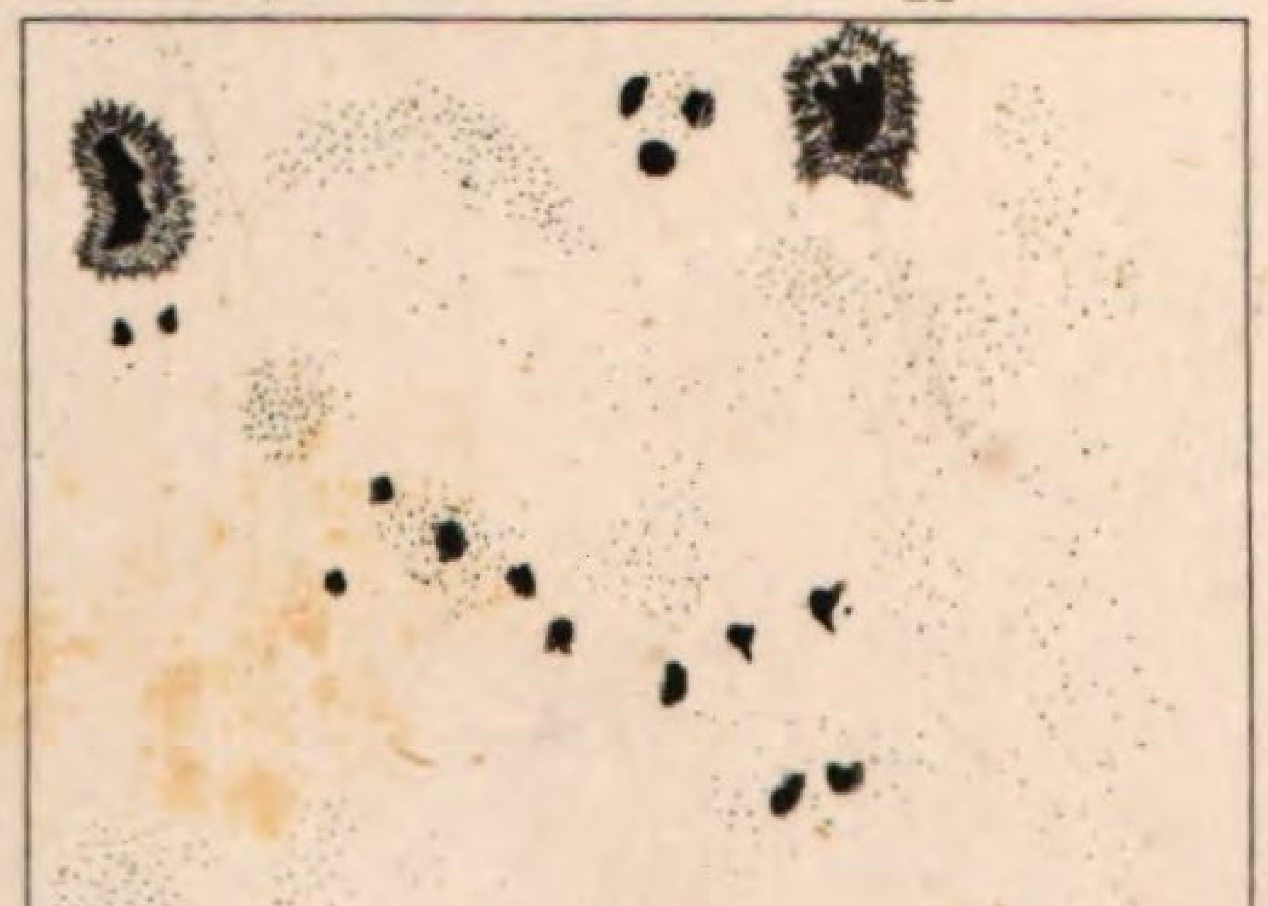


FIG. 149 – Flecken der Gruppe D.

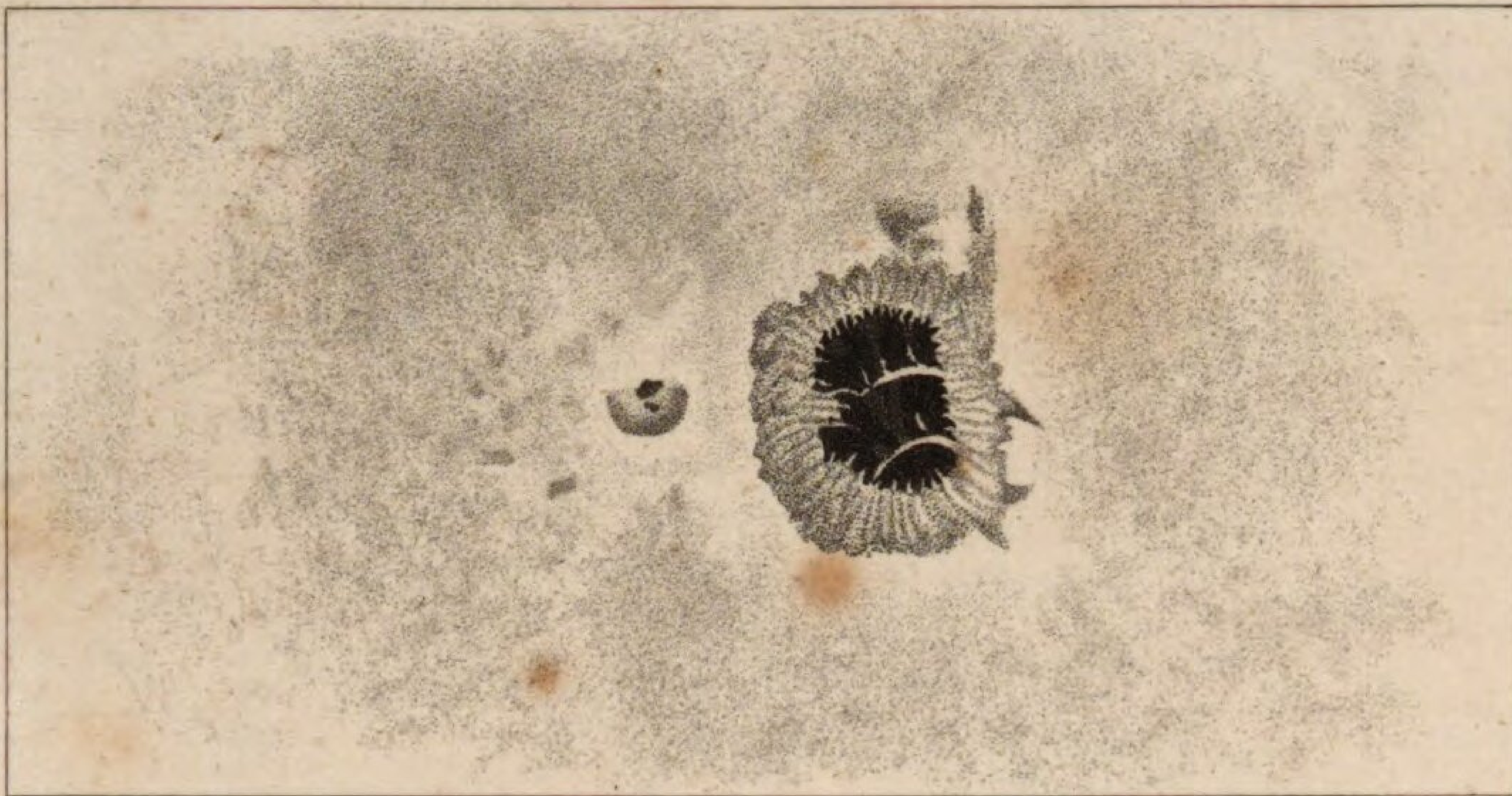


Fig. 150. Sonnenflecken, beobachtet von Cappoci zu Neapel am 27. Sept. 1826.



Fig. 152. Sonnenflecken, beobachtet von Cappoci zu Neapel am 2. Octbr. 1826.



Fig. 154. Sonnenflecken, beobachtet von Cappoci zu Neapel am 6. Octbr. 1826.



Fig. 151. Sonnenflecken, beobachtet von Pastorff zu Frankfurt a/O am 27 Sept. 1826.

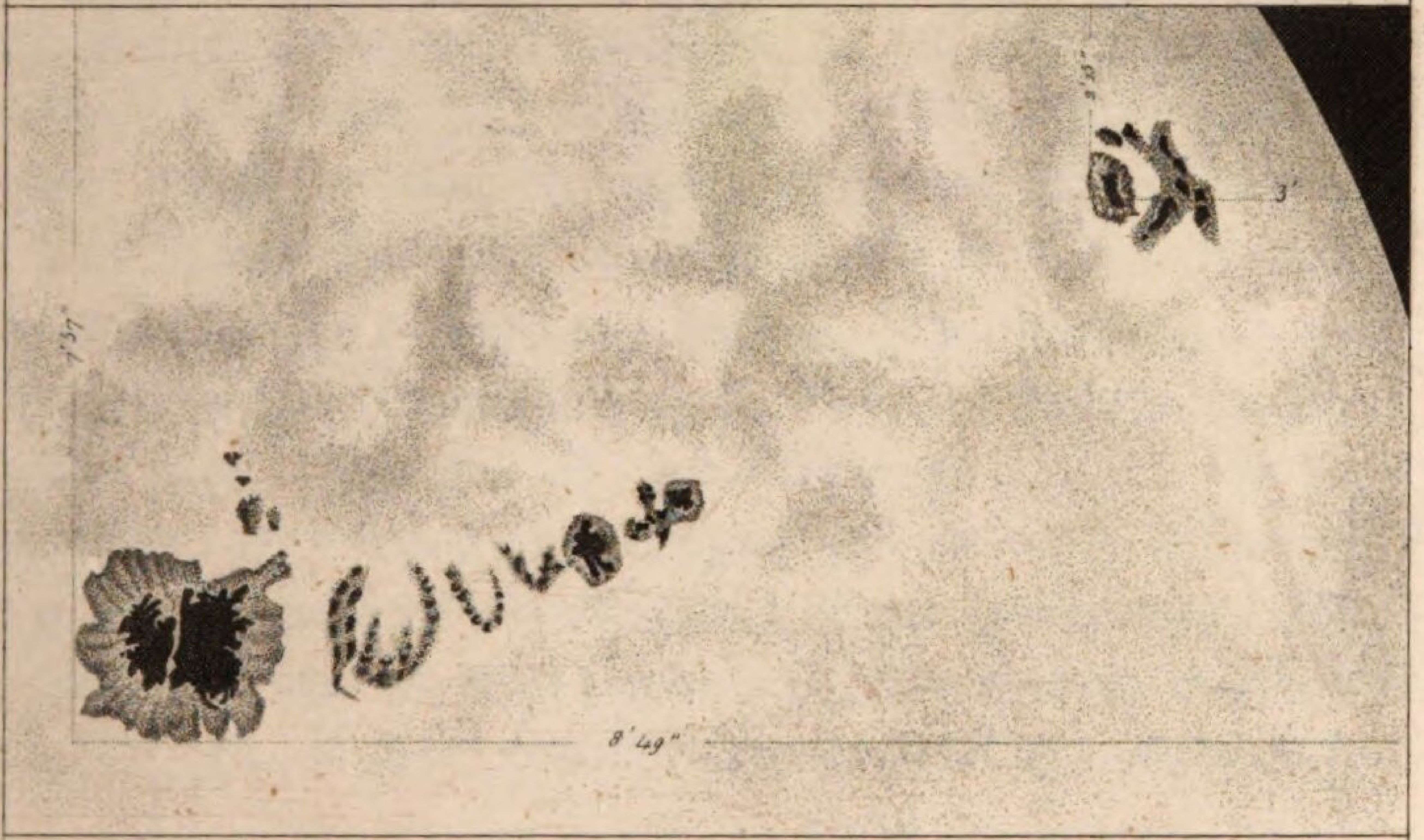


Fig. 153. Sonnenflecken, beobachtet von Pastorff zu Frankfurt a/O am 2 Octbr. 1826.



Fig. 155. Sonnenflecken, beobachtet von Pastorff zu Frankfurt a/O am 6 Octbr. 1826.

Weger sc. Leipzig

siderischen Jahre stattgefunden haben, d. h. eine mehr als die Anzahl der scheinbaren Rotationen beträgt; die Dauer jeder wirklichen Umdrehung beläuft sich folglich auf $\frac{365,25638}{14,282}$ oder 25,57 Tage. Dieser Werth ist aber von $27\frac{1}{2}$ Tagen in der That um etwa 2 Sonnentage verschieden.

Die von verschiedenen Beobachtern erhaltenen Resultate über die wirkliche Rotationsdauer der Sonne weichen nicht unmerklich unter einander ab; dieser Unterschied rührt davon her, daß wegen der Gestaltveränderungen der Flecken selber, der Astronom nicht immer sicher ist, denselben Punkt im Auge zu behalten, oder auch wohl davon, daß die Sonnenflecken, außer ihrer Betheiligung an der allgemeinen Rotationsbewegung der Sonne, noch kleinen eigenen Veränderungen unterworfen sind, welche, analog der eigenen Bewegung unserer irdischen Wolken, bald in dem einen, bald im entgegengesetzten Sinne erfolgen.

Die Ebene, welche in senkrechter Richtung gegen die Axe, um die sich die Sonne bei ihrer Umwälzung dreht, durch den Mittelpunkt derselben gelegt wird, heißt der Sonnenäquator. Derselbe hat gegen die Ebene der Ekliptik eine Neigung von ungefähr 7 Graden. Der größte Kreis, welcher diesem Aequator an der Himmelskugel entspricht, geht durch zwei einander gegenüberliegende Punkte, welche in Länge um 75° und um 255° vom Frühlingsäquinoctium entfernt sind.

Viertes Kapitel.

Besondere Eigenthümlichkeiten der Sonnenflecken. — Halbschatten, Kern, Lichtadern.

Die Flecken, aus denen man die Rotation der Sonne um ihre Axe bestimmt hat, zeigen sich nicht gleichmäßig in beliebigen Abständen vom Sonnenäquator. Ihre Erscheinung beschränkt sich im Allgemeinen auf eine Zone, welche, vom Aequator der Sonne an gezählt, zwischen 35° nördlicher und 35° südlicher Abweichung enthalten ist. Indeß erzählt Capocci, Director der Sternwarte auf Capo di Monte bei

Neapel, er habe im April 1826 die Bildung eines kleinen Fleckens unter 49° südlicher Declination beobachtet[17]).

In ihren Dimensionen sind die Flecken überaus verschieden. Man hat schwarze Flecken beobachtet, welche auf der Oberfläche der Sonne eine lineare Erstreckung bis zu 167″ erreichten; da der Erddurchmesser in gleicher Entfernung nur einem Winkel von 17″2 entsprechen würde, so folgt, daß der wirkliche Durchmesser jener Flecken den der Erde etwa um das Zehnfache übertraf.

Die Sonnenflecken sind von geringer Dauer; man hat deren allerdings beobachtet, welche während fünf oder sechs Umdrehungen nach einander, also fünf bis sechs Monate lang, sichtbar geblieben sind; andere aber sind während ihres Vorüberziehens vom östlichen zum westlichen Sonnenrande oft plötzlich verschwunden.

Bemerkenswerth ist ferner, daß die Sonnenfackeln in der Nähe der schwarzen Flecken auftreten, und gewissermaßen ihr nahes Erscheinen im Voraus anzuzeigen scheinen. Die äußere Begrenzung eines schwarzen Fleckens tritt stets scharf und bestimmt hervor.

Die größeren Sonnenflecken haben fast jederzeit rings um das schwarze Innere einen ausgedehnten Gürtel von geringerer Dunkelheit, dessen Umfang wie der des schwarzen Fleckens scharf abgegrenzt ist; diese Umgebung pflegt man jetzt den Halbschatten oder den Hof zu nennen. Dieser Halbschatten besitzt wesentlich mehr Licht, als der schwarze Flecken, aber einen erheblich geringeren Glanz, als die übrigen Theile der Sonne; sein Licht ist fast gleichförmig, mit Ausnahme der Theile, welche den schwarzen Kern berühren, und eine merklich größere Lichtmenge enthalten.

Gesetzt, ein schwarzer Flecken sei zur Zeit seines Durchganges durch die Mitte der Sonne von einem Halbschatten umgeben, welcher sich nach allen Richtungen gleichmäßig erstreckt, so findet das merkwürdige Phänomen statt, daß im Augenblicke des Erscheinens des Sonnenfleckens am östlichen Rande, der Halbschatten nach der Seite des Mittelpunkts merklich schmaler war, als nach dem Rande hin.

Die nämliche Erscheinung findet zur Zeit des Verschwindens am westlichen Rande statt; die größte Ausdehnung des Halbschattens liegt nach diesem Rande hin. Diese Beobachtungen sind im Widerspruche

mit dem, was nach den Gesetzen der Perspective zu erwarten stände, denen zufolge ein Gegenstand desto mehr verkürzt erscheint, je schiefer er gesehen wird. Denn jedenfalls ist der dem Rande nähere Theil des Halbschattens derjenige, welcher unter einem spitzeren Winkel erblickt wird, und deßhalb sollte er von geringerer Ausdehnung erscheinen, im Vergleich zu dem Theile, welcher zwischen dem schwarzen Kerne und dem Mittelpunkte der Sonnenscheibe liegt. Da nun die Beobachtungen fast allgemein das Gegentheil zeigen, so ist man zu dem Schlusse genöthigt, daß die Ursache, welche den Halbschatten erzeugt, nicht auf der äußeren, leuchtenden Oberfläche der Sonne liegt, sondern in einer gewissen Tiefe unterhalb dieser Oberfläche.

Betrachtet man die Sonne sorgfältig und mit einer hinreichend starken Vergrößerung, so erscheint ihr Glanz keineswegs gleichförmig. Sie ist vielmehr mit Unebenheiten bedeckt, denen vergleichbar, welche sich auf der Schale einer Orange zeigen; sie hat gewissermaßen mit der punktirten Manier Aehnlichkeit, in welcher bei manchen Stichen der Grund ausgeführt ist. Diese Unregelmäßigkeiten im Glanze der Sonne sind nicht, wie die eigentlichen schwarzen Sonnenflecken, auf eine Zone von bestimmter Breite im Norden und Süden des Sonnenäquators beschränkt, sie zeigen sich vielmehr überall auf der Oberfläche, selbst in der Nähe der Umdrehungspole.

Die unzähligen leuchtenden Furchen, mit denen die Oberfläche der Sonne beständig überzogen erscheint, heißen Lichtadern (luculae).

Die Figuren 140 bis 155 *) geben genaue Darstellungen von Sonnenflecken, welche mit ihren verschiedenen Eigenthümlichkeiten sich in den Astronomischen Nachrichten von Schumacher abgezeichnet finden. Sie rühren von Pastorff her, der zu Buchholz, in der Nähe von Frankfurt an der Oder, beobachtete, und von Capocci, dem ehemaligen Director der Sternwarte Capo di Monte bei Neapel [18]).

Die 140. Figur zeigt das merkwürdige Aussehen der Sonnenscheibe am 24. Mai 1828, um $10^1/_2$ Uhr des Morgens; wahrgenommen wurde ein Hauptflecken von 100″ Länge und 60″ Breite, und außerdem noch vier andere Flecken, welche eine Länge von resp. 66″, 38″,

*) Dieselben sind nach S. 80 eingeschaltet.

66″, 46″ und eine Breite von 10″, 20″, 26″, 42″ hatten. Alle an jenem Tage beobachteten Flecken hat Pastorff selbst in vier Gruppen (durch A, B, C, D bezeichnet) abgetheilt, deren Zeichnungen nach einer starken Vergrößerung sich unter Figur 141, 142, 143 und 144 finden.

Nach dem Verlaufe von siebenundzwanzig Tagen, am 21. Juni Vormittags 9½ Uhr, erschien die Sonne unter der Gestalt, wie sie auf Figur 145 abgebildet ist.

Die vier Fleckengruppen A, B, C, D sind wiederum nach einer starken Vergrößerung auf Figur 146, 147, 148 und 149 dargestellt, so daß sich die beträchtlichen Gestaltänderungen erkennen lassen, welche sie während einer einzigen Umdrehung der Sonne erfahren hatten.

Die Figuren 150 und 151, 152 und 153, 154 und 155 endlich enthalten Abbildungen von den am 27. September, am 2. und am 6. October 1826 zugleich bei Frankfurt an der Oder und bei Neapel beobachteten Flecken; man gewinnt daraus eine Vorstellung, welche Verschiedenheiten sich in dem Anblicke des Kernes, des Halbschattens, der Sonnenfackeln und der Lichtadern bei gleichzeitiger Beobachtung an sehr entfernten Punkten und mit verschiedenen Instrumenten zeigen können.

Fünftes Kapitel.

Theorie der physischen Beschaffenheit der Sonne.

Alle im Vorhergehenden auseinandergesetzten Erscheinungen finden eine genügende Erklärung, wenn man annimmt, daß die Sonne (siehe Fig. 156, 157, 158) ein dunkler Körper S ist, umgeben in einer gewissen Entfernung von einer Atmosphäre ab, welche mit der terrestrischen Atmosphäre verglichen werden kann, sobald sich in der letzteren eine zusammenhängende Schicht undurchsichtiger und das Licht reflectirender Wolken befindet. Setzt man nun über diese erste Schicht noch eine zweite leuchtende Atmosphäre cd, welche Photosphäre heißen mag, so bestimmt diese Photosphäre, von der inneren wolkigen Atmosphäre mehr oder weniger entfernt, durch ihre Umgrenzung den sicht-

baren Rand der Sonnenscheibe. Dieser Hypothese zufolge treten schwarze Flecken auf der Sonne jedes Mal da auf, wo sich in den beiden concentrischen Atmosphären correspondirende Oeffnungen oder Durchsichten bilden, welche den dunklen Kern des Sonnenkörpers unverhüllt zu sehen gestatten.

Wenn wir einen Flecken in der Mitte der Sonne betrachten, und annehmen, die Oeffnung, welche die Photosphäre darbietet, sei kleiner, als die Oeffnung in der dahinterliegenden das Licht zurückstrahlenden Atmosphäre (Fig. 156), so wird durch die beiden Oeffnungen bloß ein Stück des dunklen Sonnenkörpers, folglich der schwarze Flecken ohne Hof oder Halbschatten erscheinen.

Wenn wir dagegen die Oeffnung in der Photosphäre breiter als die correspondirende Oeffnung der wolkigen Umhüllung voraussetzen (siehe Fig. 157), so wird in diesem Falle das Auge nicht allein den

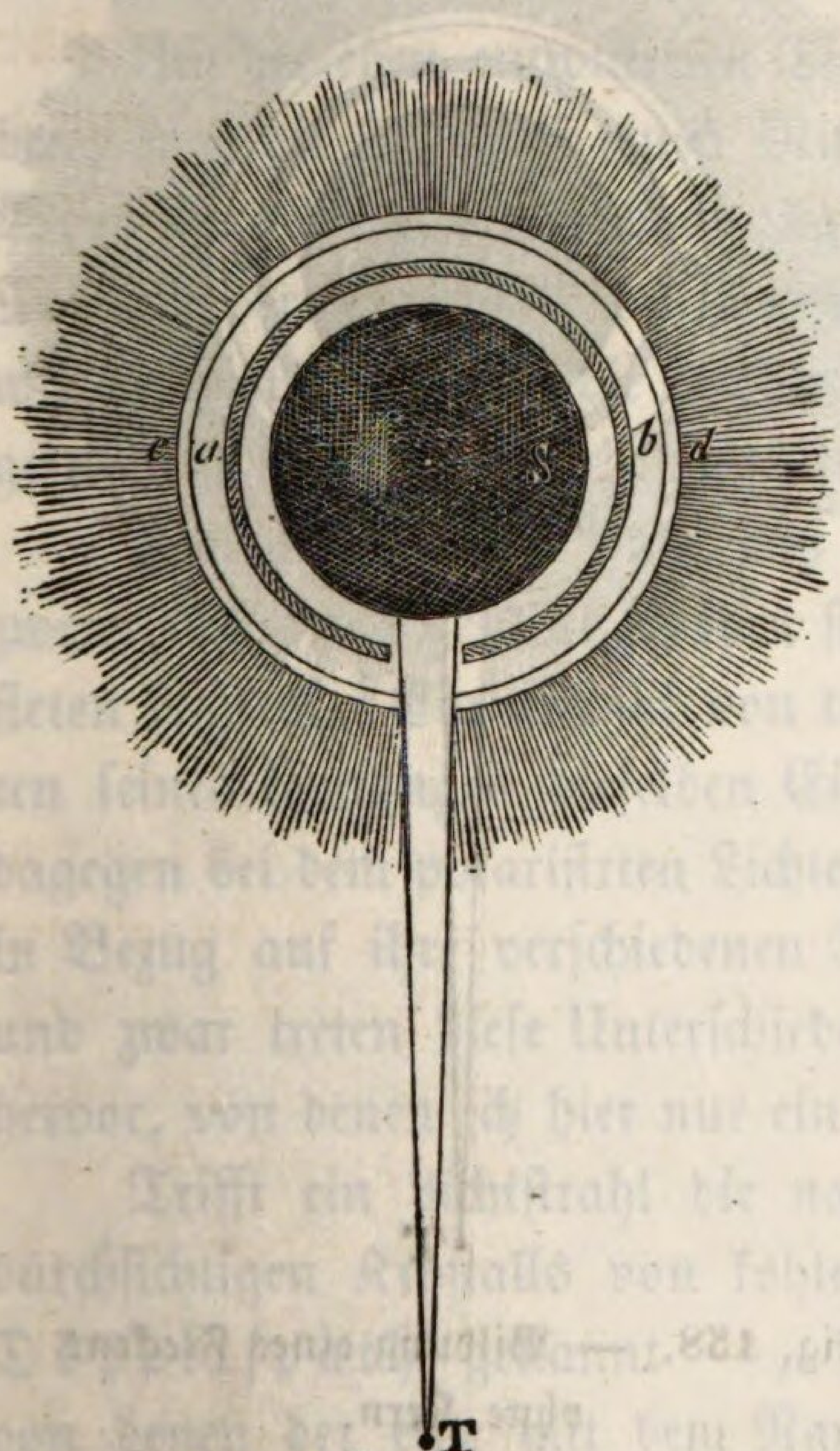


Fig. 156. — Bildung eines schwarzen Fleckens ohne Halbschatten.

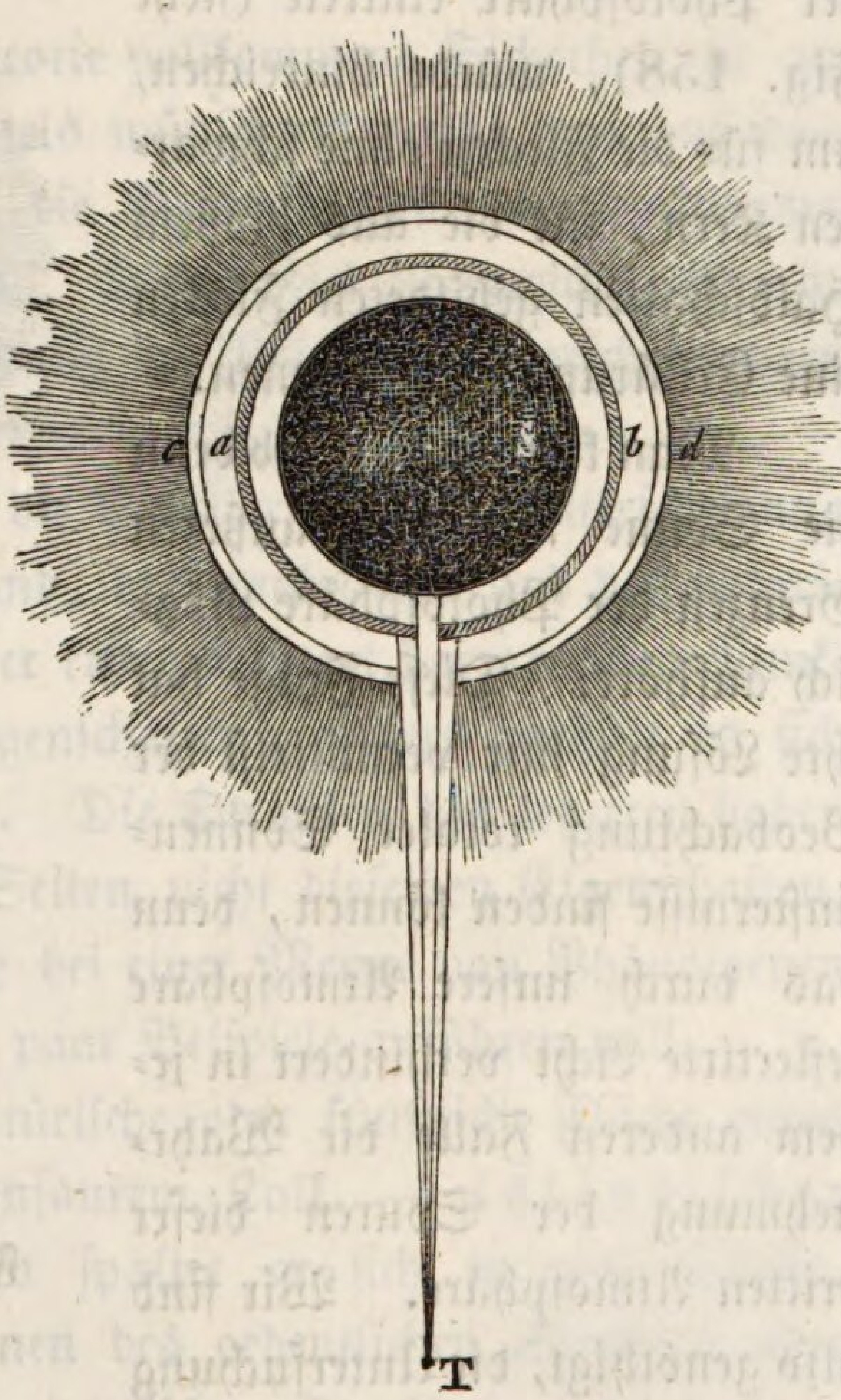


Fig. 157. — Bildung eines Fleckens mit Kern und Halbschatten.

inneren Kern der Sonne, sondern noch um diesen Kern einen Theil der nicht selbstleuchtenden Atmosphäre erblicken, welche ihn umhüllt, und zwar wird diese Atmosphäre nur infolge der Reflexion des Lichtes bemerkbar, welches die Photosphäre von sich aus nach Innen sendet.

Wie auch die Ursache beschaffen sein mag, welche in der Materie der zurückstrahlenden Atmosphäre jene Verschiebungen hervorbringt, so scheint dadurch eine Anhäufung dieser Materie in der Nähe der Ränder der Oeffnung eintreten zu müssen. Eine solche Anhäufung aber muß eine Vermehrung in der Menge der zurückgeworfenen Lichtstrahlen zur Folge haben. Hieraus wird ersichtlich, wie man sich die gesteigerte Helligkeit des Halbschattens in der Nähe des dunklen Kernes, welchen er umgibt, (desgleichen die Sonnenfackeln) befriedigend erklären kann.

Die Annahme, daß eine zufällige Oeffnung allein in der Photosphäre eintrete (siehe Fig. 158), würde hinreichen, um für die Flecken ohne schwarzen Kern, für die aus bloßem Halbschatten gebildeten Flecken eine Erklärung zu gewinnen.

Man kann fragen, ob denn die Sonne mit den äußeren Grenzen der Photosphäre plötzlich aufhöre. Diese Frage hat ihre Lösung nur vermittelst der Beobachtung totaler Sonnenfinsternisse finden können, denn das durch unsere Atmosphäre reflectirte Licht verhindert in jedem anderen Falle die Wahrnehmung der Spuren dieser dritten Atmosphäre. Wir sind also genöthigt, die Untersuchung dieser Frage auf den Abschnitt zu verschieben, in welchem von den totalen Sonnenfinsternissen die Rede sein wird. An dieser Stelle will

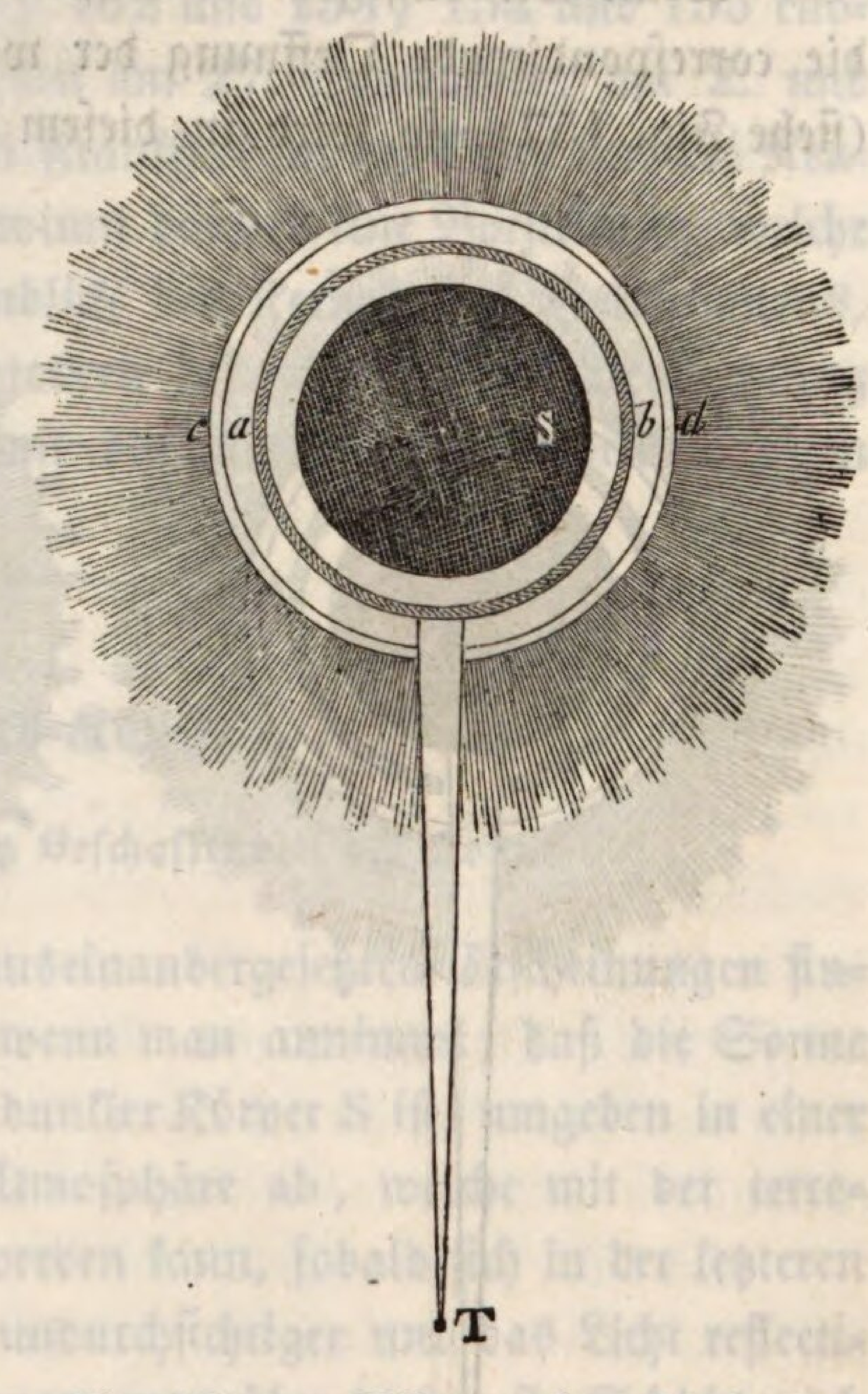


Fig. 158. — Bildung eines Fleckens ohne Kern.

ich nur hinzufügen, daß die Existenz dieser dritten Atmosphäre sich infolge überzeugender Beobachtungen herausgestellt hat, so daß man zu der definitiven Annahme genöthigt ist, daß die Sonne aus einem dunklen Körper besteht, welchen zunächst eine in gewissem Grade undurchsichtige, das Licht zurückstrahlende Atmosphäre umhüllt, und daß hierauf eine leuchtende Atmosphäre oder Photosphäre folgt, die selbst wiederum in einer gewissen Entfernung von einer durchsichtigen Atmosphäre umgeben ist.

Sechstes Kapitel.

Prüfung der von den Sonnenflecken gegebenen Theorie vermittelst der Polarisationserscheinungen.

Um der eben entwickelten Theorie vollkommene Sicherheit zu geben, war die Kenntniß eines Mittels wünschenswerth, um auf dem Wege der directen Beobachtung die Beschaffenheit der leuchtenden Materie der Sonne zu bestimmen. Dieses Ziel zu erreichen ist mir, wie ich glaube, durch die Anwendung der Polarisationserscheinungen gelungen, wie ich sogleich näher erklären will.

Jedermann weiß jetzt, daß die Physiker auf die Unterscheidung zweier Lichtarten geführt worden sind, des natürlichen und des polarisirten Lichtes. Ein Strahl von der ersten Lichtart hat an allen Punkten seines Umfanges dieselben Eigenschaften; anders verhält es sich dagegen bei dem polarisirten Lichte. Die Strahlen des letzteren haben in Bezug auf ihre verschiedenen Seiten nicht dieselben Eigenschaften, und zwar treten diese Unterschiede bei einer Menge von Phänomenen hervor, von denen ich hier nur ein paar Beispiele anführen will.

Trifft ein Lichtstrahl die natürliche oder künstliche Fläche eines durchsichtigen Krystalls von kohlensaurem Kalk — isländischer Doppelspath genannt —, so spaltet er sich in zwei Theile, von denen der eine mit dem Namen des ordentlichen Strahles oder Bündels, der andere als außerordentlicher Strahl bezeichnet wird. Der ordentliche Strahl bleibt stets in der Ebene der gewöhnlichen Bre-

chung (der Einfallsebene)*), während der außerordentliche Strahl im Allgemeinen aus derselben heraustritt. Nur wenn der Hauptschnitt (die durch die Hauptaxe des Krystalles zur Einfallsfläche senkrecht gelegte Ebene) mit der Einfallsebene zusammenfällt, bleiben beide Stahlen in dieser Ebene.

Nach diesen Prämissen will ich annehmen, um die Sache anschaulich zu machen, der Hauptschnitt eines isländischen Krystalles A (siehe Fig. 159) sei von Nord nach Süd gerichtet. Darunter werde in beliebiger Entfernung, aber in derselben Richtung, ein zweiter Krystall B aufgestellt, dessen Hauptschnitt also auch mit dem Meridiane zusam-

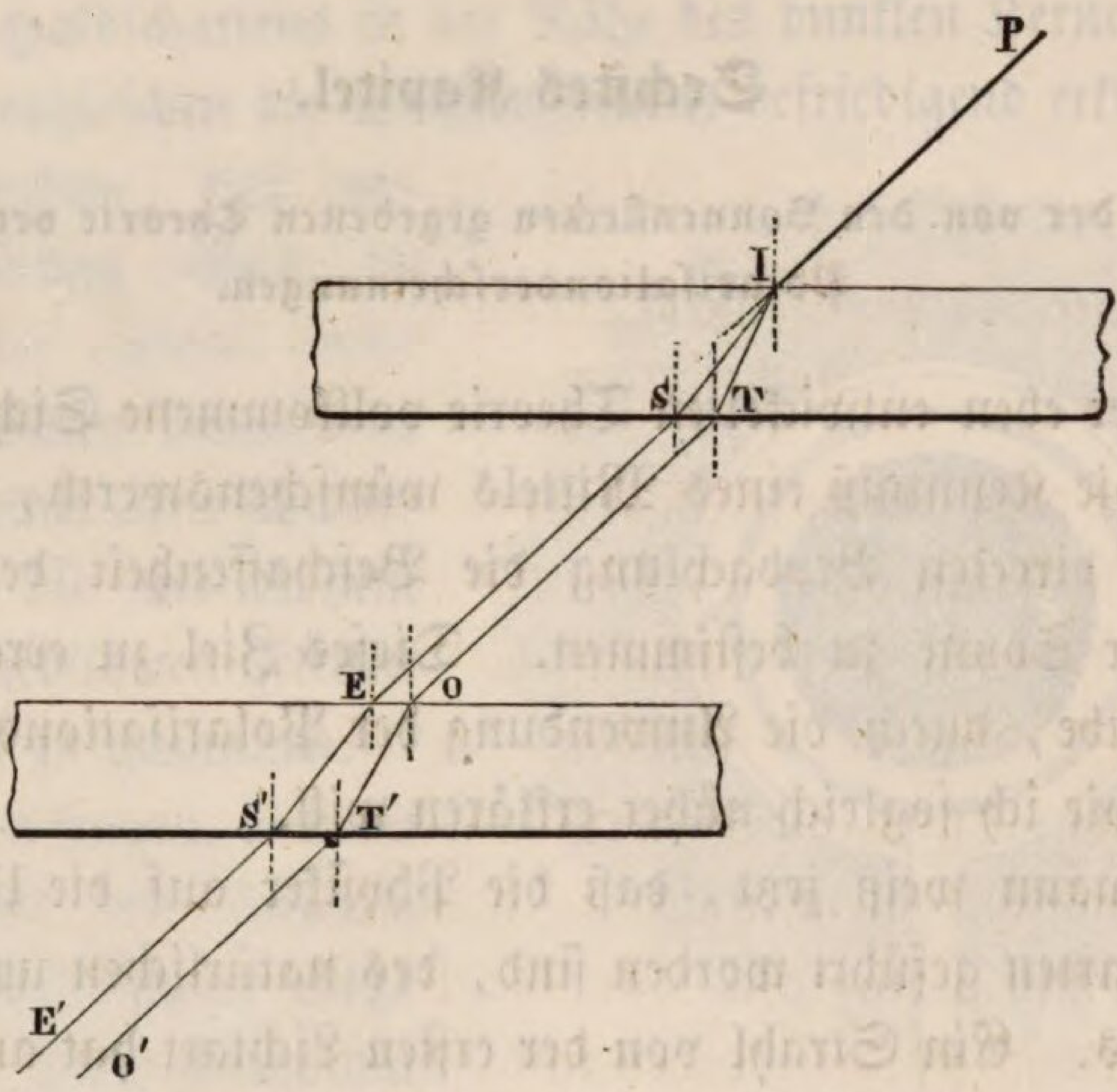


Fig. 159. — Weg eines Lichtstrahls durch zwei isländische Kalkspathe mit parallelen Hauptschnitten.

menfällt. Was wird nun eintreten, wenn ein Lichtbündel die Fläche des Krystalls A in der Richtung PI trifft und das ganze System durchläuft? Aus dem Krystalle A treten zwei Strahlen TO und SE aus; diese haben aber beim Durchgange durch den zweiten Krystall B die Eigenschaft sich von Neuem zu spalten verloren, wenn die beiden Krystalle die angegebene Lage besitzen. Der ordentliche Strahl TO gibt wieder einen ordentlichen Strahl T'O', und der außerordentliche SE er-

*) Vergl. das 4. Kapitel des 3. Buches im 1. Bande der Astronomie, S. 70.

zeugt ein außerordentliches Bündel S'E'. Also haben beim Durchgange durch den oberen Krystall die Lichtstrahlen ihre Natur geändert und eine ihrer bisherigen specifischen Eigenschaften verloren: die, beim Durchgange durch einen isländischen Krystall beständig der Doppelbrechung unterworfen zu sein.

Wenn der Hauptschnitt des zweiten Krystalles, anstatt die Richtung von Nord nach Süd zu haben, wie ich früher voraussetzte, von Ost nach West geht, so wird der Strahl, der in dem oberen Krystalle der ordentliche war, der außerordentliche im unteren, und umgekehrt (siehe Fig. 160).

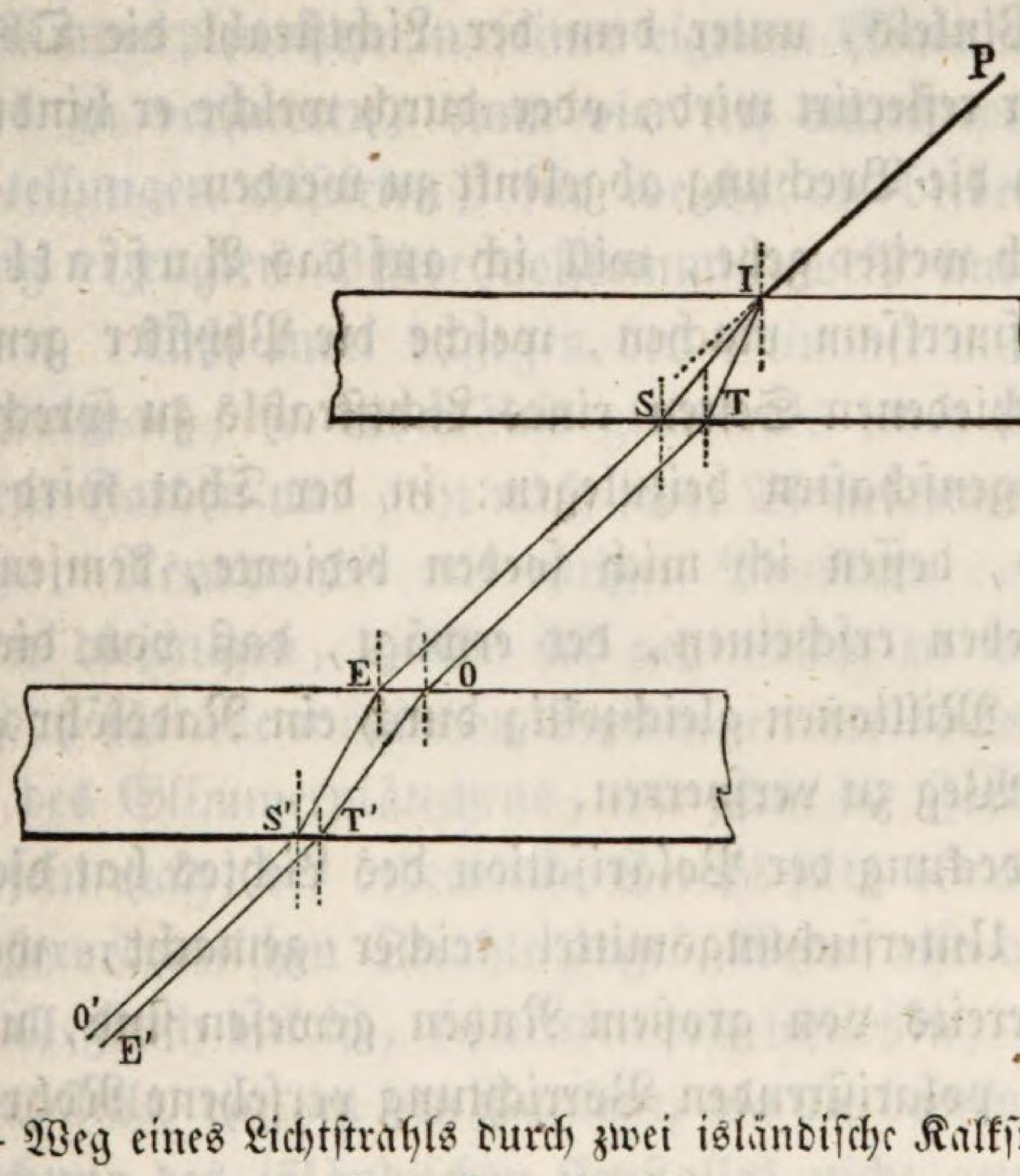


Fig. 160. — Weg eines Lichtstrahls durch zwei isländische Kalkspathe mit senkrechten Hauptschnitten.

Wodurch unterscheiden sich nun im Wesen zwei Versuche, die so ungleiche Resultate liefern? Durch einen sehr einfachen und auf den ersten Blick scheinbar unwichtigen Umstand: daß nämlich der Hauptschnitt des zweiten Krystalles die aus dem ersten heraustretenden Strahlenbündel das erste Mal in der Richtung von Nord nach Süd, beim zweiten Versuche aber in der Richtung von Ost nach West durchschnitt.

Es ist also nöthig, daß in jedem der beiden Strahlen die Seiten, die nach Nord und Süd gerichtet sind, durch irgend Etwas sich von

den Seiten nach Ost und West unterscheiden, und zwar müssen die Seiten Nord-Süd des ordentlichen Strahles genau dieselben Eigenschaften haben, als die Seiten Ost-West beim außerordentlichen Strahle, so daß letzterer, wenn er eine Viertelsumdrehung um sich selber machte, von dem anderen nicht mehr zu unterscheiden sein würde. Nachdem also das Licht den ersten Krystall durchlaufen hat, erhält es verschiedene Eigenschaften auf seinen verschiedenen Seiten, und dies drücken wir aus, wenn wir sagen, das Licht sei polarisirt. Die einfache Brechung und selbst die Reflexion bewirken ebenfalls, daß das Licht mehr oder weniger vollständig polarisirt wird, je nach der Größe des Winkels, unter dem der Lichtstrahl die Oberfläche trifft, von welcher er reflectirt wird, oder durch welche er hindurchgeht, um alsdann durch die Brechung abgelenkt zu werden.

Bevor ich weiter gehe, will ich auf das Auffallende in den Versuchen aufmerksam machen, welche die Physiker genöthigt haben, von den verschiedenen Seiten eines Lichtstrahls zu sprechen und ihnen unähnliche Eigenschaften beizulegen: in der That wird der Ausdruck auffallend, dessen ich mich soeben bediente, demjenigen in keiner Weise übertrieben erscheinen, der erwägt, daß von diesen Strahlen Tausende von Millionen gleichzeitig durch ein Nadelöhr gehen können, ohne sich den Weg zu versperren.

Die Entdeckung der Polarisation des Lichtes hat die Wissenschaft um mehrere Untersuchungsmittel reicher gemacht, welche für die Astronomie bereits von großem Nutzen gewesen sind, unter Anderem das mit einer polarisirenden Vorrichtung versehene Rohr (lunette polariscope).

Die Einrichtung dieses Instrumentes beruht auf nachfolgendem Principe, wie ich in einer der Akademie der Wissenschaften am 11. August 1811 vorgelegten Abhandlung auseinandergesetzt habe.

Bereits früher*) ist die Eigenschaft der Doppelbrechung, welche gewisse krystallinische Körper besitzen, gebraucht worden, um die Vergrößerung eines Fernrohrs zu messen; ich werde jetzt eine nicht minder vortheilhafte Anwendung von derselben Eigenschaft machen.

*) Siehe das 13. Kap. des 3. Buches im 1. Bande der Astronomie. S. 108.

Als ich im Laufe des Jahres 1811 an einem heiteren Tage vermittelst eines isländischen Doppelspaths eine dünne Glimmerplatte*) untersuchte, fiel mir auf, daß die beiden Bilder, gegen den Himmel gehalten, nicht gleichgefärbt waren: das eine hatte eine grünlichgelbe, das andere eine purpurrothe Farbe, während der Theil, wo die beiden Bilder sich deckten, ebenso erschien als der Glimmer mit unbewaffnetem Auge gesehen. Ich bemerkte zu gleicher Zeit, daß eine geringe Veränderung in der Neigung des Glimmers gegen die Richtung der durchgehenden Strahlen sofort andere Farben in beiden Bildern hervorrief; ferner ergab sich, daß wenn jene Neigung constant blieb, und man drehete das Glimmerplättchen in seiner eigenen Ebene ohne die Lage des Kalkspaths zu verändern, dann vier sich unter rechten Winkeln schneidende Stellungen existirten, für welche die beiden infolge der Doppelbrechung erzeugten Bilder vollkommen weiß und von gleicher Helligkeit waren. Läßt man dagegen den Glimmer unbeweglich und dreht den Doppelspath, so durchläuft gleichfalls jedes Bild nach und nach verschiedene Farben und geht nach jeder Viertelsumdrehung durch Weiß hindurch. Nennen wir mit einigen Physikern complementäre Farben diejenigen, welche sich gegenseitig zu weiß ergänzen, so findet sich, daß für alle möglichen Stellungen des isländischen Doppelspaths und des Glimmerplättchens, wie auch die Färbung der Bilder beschaffen sein mag, der ordentliche Strahl stets die complementäre Farbe zum außerordentlichen Strahle zeigt. Wenn also das Glimmerplättchen überall gleich dick ist, so dürfen wir schließen, wie es sich in der That herausstellt, daß an den Punkten, wo die beiden Bilder durch die Doppelbrechung des isländischen Krystalles nicht getrennt werden, die Mischung der Farben beider Bilder weiß geben muß.

Mein Polariskop besteht nun ganz einfach aus einem geschwärzten Rohre, an dessen einem Ende sich an der Stelle des Objectivs die Glimmerplatte, und am anderen Ende der doppelbrechende isländische Doppelspathkrystall als Ocular angebracht befindet.

---

*) Der Glimmer, auch russisches Frauenglas genannt, ist ein Mineral von sehr veränderlicher chemischer Zusammensetzung; er enthält Kieselerde, Thonerde, Talkerde, Kali, Eisenoxyd und Wasser; die Mischungsverhältnisse dieser Bestandtheile sind fast bei jedem Exemplare verschieden.

Blickt man mit diesem Rohre nach dem blauen Himmel, so erhalten, wie ich entdeckt habe, die Farben der Bilder, welche sich auf den Himmel projiciren, eine verschiedene Intensität sowohl nach der Tagesstunde als nach der Lage der beobachteten Stelle des Himmels, woher die Strahlen auf den Glimmer fallen, in Bezug auf die Sonne. Ich habe ferner wahrgenommen, daß wenn der Himmel vollständig bedeckt ist, die beiden Bilder nicht die geringste Spur einer Färbung zeigen.

Ich habe gleichfalls im Jahre 1811 gefunden, daß die Eigenschaft, vermittelst der Doppelbrechung farbige Bilder zu erzeugen, unter den angegebenen Bedingungen, nicht allein dünnen Glimmerplättchen zukommt, sondern daß auch andere Körper, insbesondere Bergkrystall oder Quarz dieselbe Erscheinung hervorrufen, welcher letztere nicht einmal als sehr dünne Platte geschnitten zu sein braucht.

Es ist vortheilhaft, das Glimmerplättchen durch eine dickere Platte von Bergkrystall zu ersetzen, wie ich bei meinem Polariskope gethan habe (siehe Fig. 161). Dasselbe ist 25 Centimeter (c. 9 Zoll) lang und mißt im Durchmesser 25 Millimeter (11 Linien). Das Objectiv b besteht aus einer Bergkrystallplatte mit ebenen und parallelen Flächen, welche senkrecht zur Kante des sechsseitigen Prismas, der Krystallform dieses Minerals, geschnitten sind. Diese Platte ist ungefähr 12 Millimeter (5″3) dick. Das Ocular a bildet ein isländischer Doppelspath von ungefähr 15 Millimeter (6″6) Dicke. Bei dieser Einrichtung haben die beiden durch die doppelbrechende Kraft des Oculars a erzeugten Bilder einen Abstand von etwa 1 Millimeter (0″44 par. Linien) von einander.

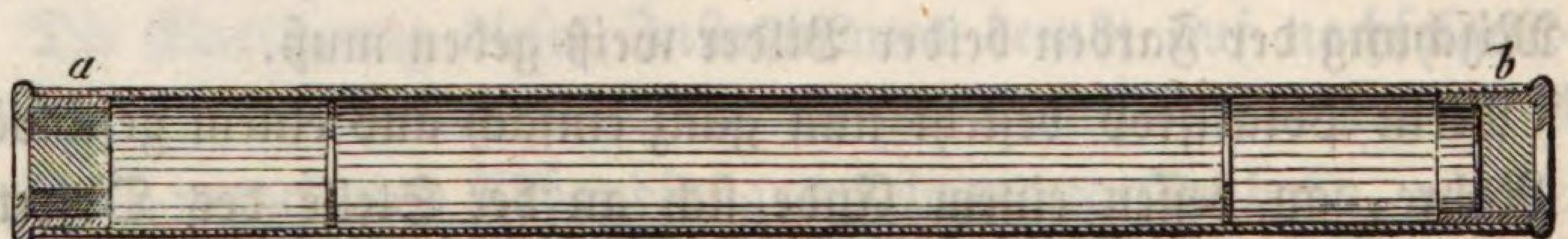


Fig. 161. — Durchschnitt des Polariskops von Arago.

Sieht man nun mit einem solchen Fernrohre direct nach der Sonne, so erscheinen zwei Bilder von gleicher Helligkeit und gleicher Farbe: zwei weiße Bilder. Wenn dagegen die Strahlen der Sonne einer vorherigen Polarisation unterworfen werden, und man z. B. die

Sonne nicht direct, sondern etwa ihr von einem Glasspiegel oder einer Wasserfläche zurückgeworfenes Bild beobachtet, so gibt das Fernrohr alsdann nicht mehr zwei weiße Bilder von gleicher Beschaffenheit. Ohne daß die scheinbare Gestalt der Sonnenscheibe die geringste Aenderung erfährt, erscheinen die beiden Bilder in den lebhaftesten Farben: wenn das eine Bild grün ist, wird das andere roth; einer gelben Färbung des ersten entspricht eine violette des zweiten u. s. w., indem die beiden Farben jederzeit complementär oder mit anderen Worten so beschaffen sind, daß ihre Vereinigung Weiß erzeugt. Auf welche Art man auch das directe Licht der Polarisation unterwerfen mag, immer verhalten sich die Farben der beiden Bilder, welche das polarisirende Fernrohr liefert, auf dieselbe Weise.

Als eine Folgerung des Vorhergehenden ergibt sich, daß das Polariskop ein sehr einfaches und untrügliches Mittel liefert, um natürliches Licht von polarisirtem zu unterscheiden.

So läßt sich zum Beispiel aus den obenerwähnten Erscheinungen, welche sich bei Beobachtung des Himmels durch mein Polariskop darbieten, der Schluß ziehen, daß bei vollständig bedecktem Himmel, wo die beiden Bilder nicht die geringste Spur einer Färbung zeigen, die durch die Atmosphäre zu uns gelangenden Lichtstrahlen dem natürlichen Lichte vollkommen gleichen. Bei heiterem Himmel im Gegentheile sind diese Strahlen in jeder Richtung je nach der Stellung der Sonne mehr oder weniger stark polarisirt.

Man hat lange Zeit angenommen, daß das von einem glühenden Körper ausgestrahlte Licht im Zustande des natürlichen Lichtes zum Auge gelange, wenn auf dem Wege dahin weder eine theilweise Reflexion noch eine starke Brechung stattgefunden hat. Dies ist jedoch nicht der Fall. Ich habe bemerkt, daß wenn von der Oberfläche eines festen oder flüssigen Körpers im glühenden Zustande unter einem hinreichend kleinen Winkel Licht ausgestrahlt wird, selbst wenn diese Oberfläche nicht vollkommen glatt ist, sich deutliche Spuren von Polarisation wahrnehmen lassen, so daß beim Durchgange durch das Polariskop zwei farbige Bilder erscheinen.

Das Licht dagegen, welches eine entzündete Materie von gasförmiger Beschaffenheit verbreitet, wie zum Beispiel das Gas, mit wel-

chem wir jetzt unsere Straßen und Magazine erleuchten, dieses Licht ist stets in dem natürlichen Zustande, wie auch der Emissionswinkel beschaffen sein mag.

Der Weg nun, um zu ermitteln, ob die Materie, welche die Sonne uns sichtbar macht, fest, flüssig, oder gasförmig ist, besteht in einer sehr einfachen Anwendung der vorhergehenden Bemerkungen.

Die Strahlen, welche von den Rändern der Sonnenscheibe zu uns gelangen, sind von der leuchtenden Oberfläche offenbar unter einem sehr kleinen Winkel ausgegangen. Wenn bei directer Ansicht die Ränder der beiden Bilder, welche im Polariskop erscheinen, farbig sind, so rührt das Licht dieser Ränder von einem flüssigen Körper her; denn jede Annahme, wonach die äußere Oberfläche der Sonne die eines festen Körpers sein sollte, verbietet sich sofort durch die Beobachtung der schnellen Gestaltänderungen der Sonnenflecken, der Sonnenfackeln und des punktirten Aussehens der Sonnenscheibe. Wenn dagegen die Ränder der beiden Bilder im Fernrohre ihre natürliche Weiße behalten, so sind sie nothwendigerweise gasförmig.

Man hat bisher mit dem Polariskope folgende glühenden Körper in Bezug auf das Verhalten des unter verschiedenen Winkeln ausgestrahlten Lichtes untersucht: von festen Körpern Schmiedeeisen und Platina; von flüssigen geschmolzenes Eisen und Glas. Aus diesen Versuchen, wird man mir sagen, folgt zunächst nur, daß die Sonne weder aus Gußeisen noch aus geschmolzenem Glase besteht: was berechtigt dich, deine Behauptung ganz allgemein aufzustellen? Hierauf diene zur Antwort, daß zufolge der Erklärung, welche man von dieser anomalen Polarisation der unter sehr spitzen Winkeln ausgehenden Strahlen gegeben hat, abgesehen von der Quantität sich Alles in gleicher Weise verhalten muß, welches auch der flüssige Körper sein mag: wenn nur die ausstrahlende Oberfläche ein merkbares Reflexionsvermögen besitzt. Nur in dem Falle werden die Phänomene der Polarisation und Farbenerscheinung verschwinden, wo der glühende Körper in Bezug auf seine Dichtigkeit den Gasen gleichsteht.

So oft die Sonne an beliebigen Tagen des Jahres direct mit Hülfe großer polarisirenden Fernröhre beobachtet worden ist, hat sich an den Rändern der beiden Bilder nie eine Spur von Färbung gezeigt.

Folglich ist die leuchtende Materie, welche den scheinbaren Rand der Sonnenscheibe bildet, gasförmig, und wir können diesen Schluß auf die ganze Oberfläche der Sonne ausdehnen, weil die verschiedenen Punkte derselben infolge der Axendrehung nach und nach sämmtlich am Rande erscheinen.

Dieser Versuch entrückt also das, was wir über die gasförmige Beschaffenheit der Photosphäre der Sonne gesagt haben, aus dem Bereiche der bloßen Hypothesen.

Wenn die Substanz der Photosphäre der Sonne flüssig wäre, und die vom Rande kommenden Strahlen polarisirt zu uns gelangten, so würden wir nicht allein die beiden Bilder im Polariskop farbig sehen, sondern es würden die einzelnen Punkte der Ränder verschieden gefärbt erscheinen. Wenn zum Beispiel der höchste Punkt bei dem einen Bilde roth wäre, so würde bei dem nämlichen Bilde der entgegengesetzte Endpunkt des Durchmessers gleichfalls roth sein, während die beiden Endpunkte des horizontalen Durchmessers grün erscheinen müssen u. s. w. Könnte man also die Strahlen, welche von allen Theilen der Sonnenscheibe ausgehen, in einem einzigen Punkte vereinigen, so würde selbst nach ihrer Zerlegung im polarisirenden Fernrohre die Mischung weiß sein.

Siebentes Kapitel.

Erklärung der Sonnenfackeln und Lichtadern.

Die Beschaffenheit der Sonnenoberfläche, wie sie im vorhergehenden Kapitel dargestellt worden, kann ferner auch dazu dienen, um den Ursprung der nicht schwarzen, sondern leuchtenden Flecken auf der Sonnenscheibe zu erklären, welche wir mit dem Namen der S o n n e n f a c k e l n und der L i c h t a d e r n bezeichnet haben.

Sonderbar genug hat zur Entdeckung von einer der Hauptursachen der Sonnenfackeln und Lichtadern ein Besuch Veranlassung gegeben, welchen ich bei einer officiellen Gelegenheit in einem Modemagazine auf den Boulevards von Paris abzustatten hatte. „Ich muß mich über die Gasgesellschaft beschweren,“ sagte der Inhaber des Ladens;

„meine Waaren sollten von der breiten Seite der Gasflammen aus beleuchtet werden, während ich durch die Nachlässigkeit der Angestellten das Licht oft von der schmalen Seite erhalte.“ — „Wissen Sie denn gewiß,“ erwiederte ich, „ob die Flamme in dieser Lage weniger Licht gibt als von der breiten Seite?“ Die Mehrzahl der Anwesenden fand einen solchen Zweifel unbegründet und mochte meine Frage selbst für ungereimt halten: wir stellten infolge dessen genaue Versuche an, und es ergab sich, daß dieselbe Menge Licht auf einen Gegenstand fällt, wenn derselbe von der schmalen, als wenn er von der breiten Seite einer Flamme erleuchtet wird.

Hieraus folgte mit Nothwendigkeit der Schluß, daß die Fläche einer leuchtenden Gasmasse von begrenzter Ausdehnung heller strahlt, wenn man sie unter einem schiefen Winkel sieht, als bei senkrechter Ansicht. Wenn folglich auf der Oberfläche der Sonne Undulationen entstehen analog denen, welche unsere Atmosphäre bei der Bildung der Wolken zeigt, die wir Schäfchen nennen, so müssen diejenigen Stellen jener Undulationen, welche von dem Beobachter senkrecht gesehen werden, vergleichungsweise schwächer erscheinen, während die gegen die Gesichtslinie geneigten Stellen heller glänzen; jede conische Vertiefung muß den Anblick einer Sonnenfackel darbieten. Es ist also zur Erklärung der Erscheinungen nicht mehr erforderlich anzunehmen, daß sich auf der Sonnenscheibe Tausende von Lichtquellen befinden, welche stärker leuchten als die übrigen Theile der Oberfläche, oder Tausende von Punkten, welche sich durch eine gesteigerte Anhäufung der Lichtmaterie vor den umliegenden Stellen auszeichnen.

Achtes Kapitel.

Wer waren die ersten Beobachter der Sonnenflecken?

Durch die Entdeckung der Sonnenflecken ist einer der Fundamentalsätze der peripatetischen Astronomie, ich meine das Princip von der Unveränderlichkeit des Himmels (incorruptibilitas coelorum) vollständig umgestoßen worden. Es ist demnach wohl von Interesse, den Namen

des ersten Astronomen zu kennen, welcher das Vorhandensein dieser Flecken durch unzweideutige Beobachtungen nachgewiesen hat. Nach einer vorzüglich in Italien ziemlich allgemein verbreiteten Ansicht soll Galilei die Sonnenflecken zuerst entdeckt haben, jedoch bin ich der Meinung, daß diese Ansicht auf einem Irrthume beruht. In der Lebensbeschreibung Galilei's, welche ich an einem anderen Orte*) gegeben habe, finden sich mit großer Ausführlichkeit alle Argumente zusammengestellt, welche mir gegen die Behauptungen der leidenschaftlichen Bewunderer des gefeierten florentiner Weisen zu sprechen scheinen. Das Folgende enthält nur einen kurzen Auszug aus jener Darstellung.

Keppler verlegte die ersten Beobachtungen der Sonnenflecken auf ein sehr altes Datum, mit Berufung auf zwei Verse des Virgil**). An der einen Stelle sagt der Dichter:

Ille ubi nascentem maculis variaverit ortum,
Wird sie eben erwachend den Glanz mit Flecken besprenkeln.

Wollte man, fügt Keppler hinzu, in diesen Worten nur eine Hindeutung auf Wolken erblicken, so wird diese Auslegung durch die andere Stelle widerlegt, wo es heißt:

Sin maculae incipient rutilo immiscerier igni,
Aber sobald ihr Flecken zu röthlichem Feuer sich mischen.

In den chinesischen Annalen (Annales de la Chine) des Pater Mailla wird berichtet, daß im Jahre 321 unserer Zeitrechnung die Sonne Flecken zeigte, welche mit bloßen Augen sichtbar waren.

Joseph Acosta erzählt, wie die Spanier bei ihrer Ankunft in Peru die Erfahrung machten, daß die Sonnenflecken von den Indianern beobachtet worden, bevor ihr Vorhandensein in Europa bekannt war[19].

Mehrere Geschichtschreiber aus der Zeit Karl's des Großen enthalten die Angabe, daß im Jahre 807 volle acht Tage hindurch ein großer schwarzer Fleck auf der Sonnenscheibe gesehen wurde[20]. Man erklärte diesen Flecken für den vorübergehenden Mercur, ohne zu bedenken, daß nach der bekannten Bewegung dieses Planeten die offenbare

*) Siehe den dritten Band dieser Ausgabe, Gedächtnißreden und Biographieen enthaltend, S. 217 u. folgg.

**) Georgicon I. 441 u. 454. (Deutsch nach Voß' Uebersetzung.)

Unmöglichkeit vorlag, daß er acht Tage hintereinander sich vor der Sonne zeigen sollte.

In anderen Fällen, wie bei den angeblichen Beobachtungen eines Mercursdurchganges vor der Sonnenscheibe, welche Averrhoes, Scaliger, und selbst Keppler am 28. Mai 1607 gemacht haben wollen, ist es nicht die Dauer, sondern die scheinbare Größe des Fleckens, welche uns zu der Behauptung berechtigt, daß einfache Beobachtungen von Sonnenflecken vorlagen[21]). Der Mercur erscheint zur Zeit seiner unteren Conjunction, wenn er vor der Sonne vorübergeht, unter einem Winkel von kaum 12 Secunden; ein runder Gegenstand aber von 12″ Durchmesser ist vor der Sonnenscheibe keinenfalls mit unbewaffnetem Auge sichtbar. Im Jahre 1761 konnte man mit aller Anstrengung kaum die schwarze Venusscheibe von 58″ im Durchmesser wahrnehmen. Ich darf sogar hinzufügen, daß mehrere Astronomen bei der Ansicht beharrten, daß diejenigen, welche den Planeten ohne Fernrohr gesehen haben wollten, mehr ihre Einbildungskraft als ihre Augen zu Hülfe genommen hätten. Sie beriefen sich insbesondere auf die fruchtlosen Bemühungen Gassendi's, um ohne Benutzung des Teleskops einen Flecken zu sehen — unter Anderm am 10. September 1621 —, dessen am Mikrometer gemessener Durchmesser $1^1/_3$ Minute betrug.

Die Zeitgenossen von Karl dem Großen, ebenso Averrhoes, Scaliger, Keppler sahen Sonnenflecken ohne es zu wissen. Sie können also kein Recht an der Entdeckung dieser Erscheinung beanspruchen. Wenn man die Erzählungen des Pater Mailla und Joseph Acosta buchstäblich nehmen darf, so sind die Ansprüche der Chinesen und der Peruaner allerdings besser begründet. Mag es indessen auch wahr sein, daß unter jenen Völkern einige mit außerordentlicher Gesichtsschärfe begabte Individuen, unterstützt vielleicht durch selten eintretende atmosphärische Verhältnisse, in die Sonne zu sehen vermochten, ohne geblendet zu werden, und daselbst Flecken wahrnahmen, so kann man dreist behaupten, daß sie keine nützliche Folgerung daraus abgeleitet haben.

Unter den neueren Astronomen hat die Entdeckung der Sonnenflecken zu einem hitzigen und verworrenen Streite Veranlassung gegeben. Wenn dieser Streit nicht zu entscheidenden und allgemein angenommenen Resultaten geführt hat, so liegt die Ursache darin, daß man nie-

mals von einer gemeinsamen und gesicherten Grundlage ausgegangen ist: anstatt für die unverjährbaren Rechte der Wahrheit zu kämpfen, hat ein Jeder, mehr oder weniger, die Interessen der Eigenliebe in Bezug auf dieses oder jenes Land geltend zu machen gesucht. Es gibt aber nur eine rationelle und gerechte Art, die Geschichte der Wissenschaften zu schreiben: wenn man sich nämlich, wie ich thun werde, ausschließlich auf Veröffentlichungen von bestimmtem Datum stützt; darüber hinaus herrscht nur Verwirrung und Unklarheit.

Die erste Schrift oder gedruckte Abhandlung, in welcher die Sonnenflecken erwähnt werden, führt den Titel: Joh. Fabricii Phrysii de Maculis in Sole observatis et apparente earum cum Sole conversione Narratio, et Dubitatio de modo eductionis specierum visibilium. Wittebergae, 1611, in Quart. Die Dedication trägt das Datum des 13. Juni 1611 [22]).

Die pseudonymen Briefe Scheiner's, die Briefe des angeblichen Apelles an den Rathsherrn Welser in Augsburg, sind erst im Januar 1612 gedruckt worden.

Galilei's erste Veröffentlichung über die Sonnenflecken, die Epistola ad Velserum de maculis solaribus, ist aus dem Jahre 1612; die Schrift betitelt: Storia e dimostrazioni intorno alle macchie solari e loro accidenti, Roma, ist vom 13. Januar 1613.

Das Datum der Veröffentlichung weist demnach dem Johann Fabricius unbestreitbar die Ehre der Entdeckung der dunklen Flecken auf der Sonnenscheibe zu.

Wenn man Galilei mit Unrecht die Ehre der Entdeckung der schwarzen Sonnenflecken hat vindiciren wollen, so muß man andererseits anerkennen, daß dieser große Philosoph der Erste gewesen ist, welcher die Existenz der Sonnenfackeln erkannt und diese Lichterscheinungen benutzt hat, um den Erklärungen der letzten Peripatetiker entgegen zu beweisen, daß die Erscheinung der schwarzen Flecken nicht von dem Vorübergange gewisser dunklen Satelliten vor der Sonnenscheibe herrühren könnte, welche sich um die Sonne bewegen sollten.

Den Gürtel, welcher den Kern der großen Flecken beständig um-

gibt und wesentlich mehr Licht, als der Kern, aber einen erheblich geringeren Glanz, als die übrigen Theile der Sonne besitzt, diese mit dem Namen des Hofes oder Halbschattens bezeichnete Einfassung hat Scheiner zuerst entdeckt.

Demselben Jesuiten zu Ingolstadt verdankt man auch die Bemerkung, daß die Sonne von einem Pole zum andern mit leuchtenden und dunklen sehr kleinen Punkten, sowie mit äußerst feinen hellen und matten Furchen übersäet ist, welche sich unter allen möglichen Richtungen durchkreuzen; diese Flecken, von Scheiner luculae (Lichtadern oder Narben) genannt, bewirken, daß die Oberfläche der Sonne ganz marmorirt erscheint.

Aus den lange Zeit hindurch mit der größten Sorgfalt fortgesetzten Beobachtungen des Jesuitenpaters ergab sich, daß die eigentlichen Sonnenflecken nur innerhalb eines engen Gürtels nördlich und südlich vom Aequator der Sonne sich zu bilden pflegen. Scheiner nennt diesen Gürtel die königliche Zone[23]).

Die schwarzen Flecken sind vollkommen scharf begrenzt: diese Beobachtung Scheiner's hat sich in allen Fällen bestätigt.

Herschel gibt an, daß vor der Erscheinung eines großen schwarzen Kernes an der Stelle, wo derselbe sich bildet, in der Regel ein sehr kleiner schwarzer Punkt (Pore) wahrgenommen wird, welcher sich nach und nach erweitert, aber nicht mehrere Punkte gleichzeitig. Man möchte sagen, fügt der gefeierte Astronom hinzu, daß die Lichtmaterie der Sonne allmälich nach allen Richtungen hin durch eine aufsteigende Strömung auseinander getrieben werde, welche nach jenem ersten schwarzen Punkte, gewissermaßen dem Keimpunkte des Fleckens, gerichtet ist.

Herschel behauptet ferner, daß die Kernflecken am Rande der Sonnenscheibe schwärzer erscheinen, als in der Nähe des Mittelpunktes. Indem ich mir das, was sich bei meinen Beobachtungen dargeboten hat, sorgfältig vergegenwärtige, bin ich geneigt, die Richtigkeit dieser Ansicht in Zweifel zu ziehen. Die einander nahe stehenden Flecken scheinen eine gewisse Neigung zu haben sich zu vereinigen; in der Regel wachsen sie bis zu dem Augenblicke, wo ihre Vereinigung erfolgt[24]).

Neuntes Kapitel.

Historische Angaben über die Entdeckung der Axendrehung der Sonne.

Giordano Bruno, ein neapolitanischer Gelehrter und Verfasser eines Buches über das Weltall, das 1591 erschien, war wie es scheint der Erste, welcher die Rotationsbewegung der Sonne vermuthete. Auch das Genie Keppler's eilte in diesem Punkte der Beobachtung voraus[25]). Die Wissenschaft nahm definitiv von dieser neuen Thatsache Besitz, als Johann Fabricius im Juni 1611 seine bereits oben erwähnte Schrift veröffentlichte. Wenn in aller Strenge genommen eine Meinungsverschiedenheit über die Frage obwalten kann, wem die Ehre der Entdeckung der Sonnenflecken gebühret, so ist dies nicht möglich bei der wichtigen Folgerung, zu welcher jene Entdeckung den Anlaß gab. Die Constatirung der Umdrehung der Sonne um ihre Axe gehört ohne allen Zweifel dem holländischen Astronomen. Die Priorität ist demselben offenbar nicht allein durch das Datum der Veröffentlichung, sondern auch durch das der Beobachtung gesichert. Wir entlehnen aus dem Werke des Fabricius folgende Stelle:

„Wir ließen die Strahlen der Sonne durch ein kleines Loch in ein dunkles Zimmer fallen, und fingen das Bild auf einem weißen Papiere auf. Hier zeigte sich der Flecken (der Flecken, welchen Fabricius bei der directen Beobachtung der Sonne wahrgenommen hatte) sehr deutlich in der Gestalt einer länglichen Wolke. Ungünstige Witterung hinderte uns drei Tage hindurch an der Fortsetzung dieser Beobachtungen. Nach Verlauf dieses Zeitraumes sahen wir den Flecken wieder, der in schräger Richtung nach Westen fortgerückt war. Ein anderer, kleinerer wurde am Rande der Sonne sichtbar, und gelangte im Laufe von wenigen Tagen bis in die Mitte der Scheibe, endlich erschien noch ein dritter Flecken; der erste verschwand zuerst, und die anderen einige Tage später. Ich schwankte zwischen der Hoffnung und der Furcht, sie nicht wieder zu sehen; allein zehn Tage darauf erschien der erste am östlichen Rande wieder. Ich zog daraus den Schluß, daß er eine Umdrehung gemacht hatte, und seit dem Anfange des Jahres hat sich diese Vorstellung bei mir befestigt; auch habe ich diese Flecken Anderen gezeigt, welche zu derselben Ueberzeugung wie ich gekommen

sind. Indessen war mir noch ein Zweifel geblieben, welcher mich anfänglich verhinderte, über diesen Gegenstand Etwas zu schreiben, und mich sogar bereuen ließ, soviel Zeit auf diese Beobachtungen verwendet zu haben. Ich bemerkte nämlich, daß diese Flecken unter einander nicht immer denselben Abstand behielten, und daß ihre Gestalt und ihre Geschwindigkeit sich änderte. Doch gereichte es mir zu desto größerer Genugthuung, als ich den Grund davon einsehen lernte. Denn da es durch meine Beobachtungen wahrscheinlich ist, daß diese Flecken auf dem Körper der Sonne selbst sich befinden, der sphärisch und fest ist, so müssen sie in dem Maaße kleiner werden und ihre Bewegung verlangsamen, je mehr sie sich dem Rande der Sonne nähern."

Es dürfte unmöglich sein, selbst in den nachträglichen Erklärungen der leidenschaftlichsten Freunde und Bewunderer Galilei's eine Stelle aufzufinden, welche neben der eben citirten Erzählung diesem berühmten Gelehrten auch nur den leisesten Schein eines Anrechtes auf die Entdeckung der Axendrehung der Sonne vindiciren könnte.

Die Beobachtung der Flecken hat zur Kenntniß der Rotationsbewegung der Sonne geführt. Dies ist die Entdeckung des Fabricius. Es war weiter erforderlich, die Dauer dieser Rotation und die Lage der Axe, um welche sie stattfindet, mit Genauigkeit zu bestimmen. Diese beiden Aufgaben sind gleichfalls nicht von Galilei gelöst worden. Galilei hat für die scheinbare oder wirkliche Rotationsdauer der Sonne nirgends andere als oberflächliche Angaben gemacht. Die Zeit einer scheinbaren Umdrehung setzte er auf ungefähr einen Monat (nello spazio quasi d'un mese, siehe seine Dialoge), während sie in der That $27\frac{1}{2}$ Tage beträgt. Die Umdrehungsaxe nahm Galilei lange Zeit senkrecht zur Ebene der Ekliptik an. Erst in seinen Dialogen spricht er von einer Neigung derselben, aber ohne einen auch nur angenäherten Werth anzuführen [26]). Er erwähnt ferner durchaus Nichts von der Richtung, unter welcher die Ebene der Ekliptik von der Ebene des Sonnenäquators durchschnitten wird, d. h. von der Lage der Knotenlinie. Dazu kommt, daß die Dialogen erst im Jahre 1632, zwei Jahre nach der Veröffentlichung des umfangreichen Scheiner'schen Werkes Rosa ursina (Juni 1630) erschienen, wo die Dauer der scheinbaren Rotation bereits zwischen 26 und 27 Tage gesetzt wird (die neueren

Astronomen haben $27\frac{1}{2}$ Tage gefunden); wo ferner die Entfernung des Poles der Rotationsaxe der Sonne vom Pole der Ekliptik zu ungefähr 7 Graden bestimmt ist (man nimmt jetzt 7° 9′ dafür an); und wo endlich zur Herleitung der Lage der Knoten des Sonnenäquators die Zeiten des Jahres angegeben sind, wo die Umdrehungspole am Rande der Sonnenscheibe liegen.

Man findet fast keinen Astronomen, der nicht wenigstens ein Mal in seinem Leben die Elemente der Umdrehung der Sonne durch directe Beobachtungen zu bestimmen versucht hat. Es würde also leicht sein, hier eine große Zahl von Resultaten über die Zeit, welche der ungeheure, alle Planeten unseres Sonnensystems beherrschende Himmelskörper zu seiner Rotation braucht, sowie über die Lage der Axe, um welche diese Umdrehung geschieht, anzuführen. Ich werde mich jedoch begnügen, nur diejenigen Resultate mitzutheilen, welche Herr Laugier in einer sehr gründlichen, der Akademie der Wissenschaften überreichten Arbeit abgeleitet hat. Durch Beobachtungen, welche mir vor jeder ernstlichen Einwendung sicher zu sein scheinen, hat Laugier außer Zweifel gestellt, daß jeder Sonnenflecken einer eigenen Ortsveränderung unterworfen ist, außer der allgemeinen Bewegung, welche die Folge der Umdrehung der Sonne ist. Daraus folgt natürlich, daß die Zeiten des wirklichen Umlaufs, wie sie aus der Beobachtung verschiedener Flecken abgeleitet werden, ungleich sein müssen.

Der kleinste Werth, welchen Laugier durch die Beobachtung von neunundzwanzig verschiedenen Flecken gefunden hat, beträgt 24,28 Tage. Das unter denselben Umständen erhaltene Maximum steigt auf 26,23 Tage. Aus der Gesammtheit der Beobachtungen folgt für die Rotationszeit der Sonne der Werth von 25,34 Tagen.

Laugier hat die eigene Bewegung der Flecken nicht allein durch die mangelhafte Uebereinstimmung in den gefundenen Umdrehungszeiten der Sonne dargethan, sondern er hat auch bei Bestimmung des Bogenabstandes der verschiedenen Flecken, ausgedrückt in Graden eines größten Kreises auf der Sonne, gefunden, daß dieser Bogenabstand sehr veränderlich ist. So hatten z. B. am 24. Mai 1840 zwei Flecken einen Winkelabstand von 78° 30′, und am 27. Mai war dieser Abstand bereits auf 73° 20′ gesunken. Wenn man diese Differenz von

5° 10′ aus der Verrückung eines einzigen der beiden Flecken erklärt, so findet unser Verfasser, daß die eigene Geschwindigkeit dieses Fleckens 111 Meter in der Secunde betrug.

Aus der vortrefflichen Arbeit Laugier's folgt ferner der merkwürdige Umstand, daß die Gesammtheit der auf einer und derselben Halbkugel gelegenen Flecken auf der Oberfläche der Sonne Verrückungen in demselben Sinne erleidet, selbst wenn diese Verrückungen auf der entgegengesetzten Halbkugel im entgegengesetzten Sinne erfolgen.

Nach den Beobachtungen Laugier's beträgt die mittlere Neigung des Sonnenäquators gegen die Ebene der Ekliptik 7° 9′.

Derselbe Astronom endlich findet für den Winkel, welchen die Durchschnittslinie des Sonnenäquators in der Ebene der Ekliptik mit dem Colur der Nachtgleichen im Jahre 1840 machte, den Werth von 75° 8′.

Hofrath Schwabe in Dessau, welcher unter den neueren Astronomen am anhaltendsten und ausdauerndsten sich mit der Beobachtung der Sonnenflecken beschäftigt hat, gibt als äußerste Grenzen für die Dauer der Axendrehung der Sonne die Zeiten von 25,07 und von 25,75 Tagen [27]).

Zehntes Kapitel.

Von der Anzahl, der Größe und der Gestaltveränderung der Sonnenflecken.

Abulfaragius erzählt, daß im neunten Regierungsjahre Justinian's des Zweiten, d. i. im Jahre 535 unserer Zeitrechnung, das Licht der Sonne eine Abnahme der Intensität erfuhr, welcher Zustand vierzehn Monate hindurch dauerte [28]). Man hat, allerdings ohne durch irgend eine directe Beobachtung zu dieser Hypothese berechtigt zu sein, diese Lichtschwächung aus einer großen Zahl von Flecken erklärt, mit denen die Oberfläche der Sonne zu jener Zeit bedeckt gewesen sei.

Indeß scheint diese Annahme fast geboten durch die Umstände des zweiten Phänomens, von welchem derselbe Geschichtschreiber spricht. Im Jahre 626, schreibt Abulfaragius, verdunkelte sich unter der Regie-

rung des Kaisers Heraklius die eine Hälfte der Sonne; dies dauerte vom Monat October bis zu dem darauf folgenden Juni [29]).

Der Jesuit Scheiner suchte die totale Sonnenfinsterniß, welche im Augenblicke des Todes Christi eintrat, durch Sonnenflecken zu erklären. Die Dunkelheit war auf der ganzen Erde vollständig und dauerte ungefähr drei Stunden. Schon dieser Umstand hätte ausgereicht, um jene Verfinsterung aus der Kategorie derer zu entfernen, welche im Laufe der Jahrhunderte aus natürlichen Ursachen hervorgegangen sind. In der That kann eine durch den Vorübergang des Mondes vor der Sonnenscheibe erzeugte Finsterniß auf unserer Erde nur längs einer sehr schmalen Zone total sein, und selbst auf dieser Zone dauert die Dunkelheit nur sehr wenige Minuten.

Man hatte schon die Bemerkung gemacht, daß zur Zeit des Todes Christi der Mond nahezu voll war; wenn aber eine Sonnenfinsterniß eintritt, muß nothwendigerweise Neumond sein [30]). Die Finsterniß der Bibel war folglich die Wirkung eines Wunders.

Diese Schlußfolgerung hatte sicher Etwas für sich, allein ein Irrthum im Datum genügte, um Alles auf natürliche Ursachen zurückzuführen. Dagegen würde kein Irrthum in der Zeit im Stande sein, die allgemeine Verbreitung der Finsterniß nebst der ihr beigelegten Dauer zu erklären.

Indem Scheiner zu Sonnenflecken seine Zuflucht nahm, welche nach dem regelmäßigen Laufe der himmlischen Bewegungen eine ganze Halbkugel der Sonne in einem geringeren Zeitraume als etwa vierzehn Tagen weder überziehen noch verlassen können, konnte es selbstverständlich nicht seine Absicht sein, das Phänomen seines wunderbaren Charakters zu entkleiden. Er gedachte nur, ein leichteres Wunder an die Stelle eines schwierigeren zu setzen. Ein so sonderbarer Gedanke verdient sicherlich nicht, ernsthaft discutirt zu werden.

Am 19., 20. und 21. August 1612 bei Sonnenaufgang erblickten Galilei und seine Freunde mit unbewaffneten Augen, das heißt wegen seiner leichten Sichtbarkeit ohne Hülfe einer Vergrößerung, in der Mitte der Sonnenscheibe einen dunklen Flecken von wenigstens einer Minute im Durchmesser. Viele andere Flecken außerdem waren nur mit dem Fernrohre wahrnehmbar.

Am 20. Juli 1643 bemerkte Hevel eine Anhäufung von Sonnenflecken und Fackeln, welche sich ungefähr über den dritten Theil des Sonnendurchmessers erstreckten.

Derham führt an, allerdings ohne seinen Gewährsmann zu nennen, daß zwischen den Jahren 1660 und 1671, sowie von 1676 bis 1684 keine Sonnenflecken gesehen wurden (Philos. Trans. für 1711, 27. Band S. 275).

Nach den Memoiren der pariser Akademie sind von 1695 bis 1700 keine Flecken erschienen.

Von 1700 bis 1710 waren zahlreiche Flecken vorhanden.

Im Jahre 1710 war ein einziger sichtbar.

In den Jahren 1711 und 1712 gab es keine.

Das Jahr 1713 brachte einen einzigen Flecken.

Im Jahre 1716 wurden einundzwanzig Fleckengruppen beobachtet.

Vom 30. August bis zum 3. September waren auf der der Erde zugekehrten Sonnenhalbkugel acht verschiedene Gruppen gleichzeitig sichtbar (Académie des sciences aus dem Jahre 1716).

In den Jahren 1717, 1718, 1719 und 1720 wurden noch mehr Flecken beobachtet als 1716. Der größte, welcher in diesem Zeitraume zu sehen war, hatte einen Durchmesser so groß als der sechzigste Theil des Sonnendurchmessers. Sein wirklicher Durchmesser übertraf folglich den der Erde um das Doppelte. Im Jahre 1719 gab es so viele Flecken, daß sie den Astronomen eine Art von äquatorealem Gürtel um die Sonne zu bilden schienen.

Den 15. März 1758 maß Mayer einen Flecken, dessen Durchmesser den zwanzigsten Theil des Sonnendurchmessers oder 1′ 30″ (d. i. mehr als das Fünffache des Erddurchmessers von der Sonne aus gesehen) betrug.

Im Februar 1759 erschien ein Sonnenflecken, welchen Messier ohne Fernrohr sah.

Im October 1759 zählte Messier auf der Sonne fünfundzwanzig von Höfen umgebene Flecken (Connaissance des Temps für 1810).

Am 15. April 1764 bemerkten Darquier und viele andere Bewohner von Toulouse ohne Hülfe von Ferngläsern einen großen Sonnenflecken, indem sie bloß ihre Augen durch berußte Gläser schützten.

1779 beobachteten Méchain und Herschel einen mit unbewaffnetem Auge sichtbaren Sonnenflecken. Derselbe bestand aus zwei Theilen, von denen der größere einem Winkel von 1′ 8″ entsprach (Philos. Trans. für 1795, S. 49).

Im Juli 1780 sah Méchain abermals einen Flecken ohne Fernrohr.

1792 bemerkte Herschel zwei Flecken mit bloßem Auge (ibid. S. 54).

Schröter spricht in seinem 1789 veröffentlichten Werke [31]) von einem Sonnenflecken, der nach seinen Messungen eine Ausdehnung gehabt habe gleich der sechzehnfachen Erdoberfläche. Daraus würde ein Winkel von 4′ 35″ folgen. Derselbe Astronom führt die Beobachtung von 68 Flecken an, welche gleichzeitig sichtbar waren. Ein anderes Mal stieg ihre Anzahl bis auf 81.

Am 20. April 1801 sah Herschel auf der Sonne mehr als 50 schwarze Flecken. Eine große Zahl unter ihnen war mit dem Halbschatten umgeben.

Am 23. April waren ungefähr 50 sichtbar.

Am 24. April zählte man 50.

Am 27. April zählte man 39.

Am 29. April zählte man 24. (Philosoph. Transact. für 1801, S. 359).

Am 9. November 1802 beobachtete Herschel im Augenblicke des Vorüberganges des Mercurs vor der Sonnenscheibe gegen 40 schwarze Flecken.

Heinrich Schwabe in Dessau hat sich seit 1826 bis jetzt ganz speciell mit der täglichen Beobachtung der Flecken und Fleckengruppen beschäftigt, welche auf der Sonnenscheibe erscheinen.

Die folgende Tabelle gibt die Resultate seiner neunundzwanzigjährigen Beobachtungen von Anfang 1826 bis Ende 1854. Jede Fleckengruppe ist bei einer und derselben Umdrehung der Sonne nur ein einziges Mal gezählt [32]).

Für diejenigen, welche in der mathematischen Terminologie weniger erfahren sind, bemerke ich, um das Verständniß des folgenden Verzeichnisses von Sonnenflecken zu erleichtern, daß man mit dem

Worte Maximum eine Größe zu bezeichnen pflegt, welche die Größen, die ihr zunächst folgen oder vorhergehen, übertrifft. Ebenso heißt Minimum eine Größe, welche kleiner ist als die ihr zunächstliegenden Größen. So ist z. B. die Zahl 225, welche die im Jahre 1828 beobachteten Flecken bezeichnet, ein Maximum in Bezug auf die Fleckenanzahlen, die den benachbarten Jahren entsprechen, obgleich sie von den Zahlen 272, 282, 257, 238 übertroffen wird, welche weiter unten in der Nähe anderer Maxima stehen.

Jahr der Beobachtung.	Anzahl d. Tage, an denen beobachtet wurde.	Anzahl der beobachteten Fleckengruppen.	Angabe der Maxima und Minima.	Anzahl der fleckenfreien Tage.
1826	277	118	—	22
1827	273	161	—	2
1828	282	225	Max.	0
1829	244	199	—	0
1830	217	190	—	1
1831	239	149	—	3
1832	270	84	—	49
1833	267	33	Min.	139
1834	273	51	—	120
1835	244	173	—	18
1836	200	272	—	0
1837	168	333	Max.	0
1838	202	282	—	0
1839	205	162	—	0
1840	263	152	—	3
1841	283	102	—	15
1842	307	68	—	64
1843	312	34	Min.	149
1844	321	52	—	111
1845	332	114	—	29
1846	314	157	—	1
1847	276	257	—	0
1848	278	330	Max.	0
1849	285	238	—	0
1850	308	186	—	2
1851	308	151	—	0
1852	337	125	—	2
1853	299	91	—	4
1854	334	67	—	65

Das Mittel aus allen 29 Jahren gibt für 273 Tage, an denen durchschnittlich in jedem Jahre beobachtet wurde, die Anzahl von 157 Fleckengruppen.

Aus den Beobachtungen Schwabe's scheint hervorzugehen, daß das Auftreten von Fleckengruppen an eine gewisse Periodicität geknüpft ist, indem ihre Anzahl fünf bis sechs Jahre hindurch zunimmt, um dann während eines nahezu gleichen Zeitraumes allmälich wieder abzunehmen. Demzufolge würde der Zwischenraum zwischen zwei aufeinanderfolgenden Maximis oder Minimis zehn bis zwölf Jahre betragen [33]).

Die Anzahl der Tage, an denen die Sonne sich fleckenfrei zeigt, ist nach der Beobachtung Schwabe's Null in den Jahren, welche um ein Maximum herum liegen, während sie zu den Zeiten der Minima über hundert steigt.

Elftes Kapitel.

Ueber die Mittel, die Beobachtung der Sonnenflecken zu erleichtern.

Zu Anfange des siebzehnten Jahrhunderts war Harriot — nach dem, was der Doctor Robertson von dessen Manuscripten berichtet — keine Methode bekannt, um das teleskopische Bild der Sonne auf künstlichem Wege zu schwächen. In der That finden sich auf allen Seiten, wo die Flecken gezeichnet sind, die Bemerkungen: „Nebel; ... dicker Nebel; ... Bilder bei sehr dunstiger Atmosphäre; ... die Sonne war etwas zu glänzend; u. s. w."

Fabricius hatte anfänglich nur ein einziges Mittel gefunden, um die Sonne durch das Fernrohr zu beobachten: er wartete nämlich, bis sie dem Horizonte sehr nahe stand. „Ich rathe," sagt er, „denen, welche dergleichen Beobachtungen machen wollen, zuerst nur das Licht von einem kleinen Stücke der Sonne einfallen zu lassen, damit das Auge nach und nach sich daran gewöhne, und das Licht der ganzen Sonnenscheibe ertragen lerne."

Später verfielen Fabricius und dessen Vater darauf, „die Sonnenstrahlen durch ein kleines Loch in ein dunkles Zimmer fallen zu

lassen, und das Bild auf einem weißen Papiere aufzufangen, wo sich dann der Flecken sehr deutlich in der Gestalt einer länglichen Wolke zeigte."

Auch Galilei beobachtete die Sonnenflecken direct nur in der Nähe des Horizonts. Er sagt: „der Flecken vom 5. April 1612 war bei Sonnenuntergang — nel tramontar del Sole — zu sehen; ... am 26. desselben Monats begann, gleichfalls nel tramontar del Sole, ein Flecken sichtbar zu werden, u. s. w."

An die Stelle dieser äußerst anstrengenden und mühsamen directen Beobachtungen setzte Galilei ein Verfahren, dessen Genauigkeit gegenwärtig allerdings nicht mehr genügen würde, mit welchem aber keine Gefahr für das Gesicht verbunden war. Seine späteren Beobachtungen nämlich stellte er entweder so an, daß die aus dem Oculare des Fernrohrs austretenden Sonnenstrahlen auf einem Papierschirme aufgefangen wurden, welches Verfahren einer seiner Schüler, Castelli, erdacht hatte, oder er wendete eine andere Methode an, in welcher Galilei ihrer Einfachheit halber die Cortesia della natura erblickte: ich meine, er gebrauchte die camera obscura ohne Objectiv, das dunkle Zimmer, in welches das Licht durch ein kleines Loch einfällt. In dieser Beziehung war, wie wir bemerken müssen, Fabricius dem berühmten Astronomen bereits vorangegangen.

Schon vor der Erfindung der Fernröhre, und vor der Erfindung der Sonnenflecken hatten die Astronomen verschiedene Mittel erdacht, um die Sonne zu beobachten ohne vollständig geblendet zu werden. Einige ließen das Sonnenbild von einer Wasserfläche oder von irgend einem anderen in geringem Grade reflectirenden Spiegel zurückstrahlen; Andere nahmen eine mit einer Nadel durchstochene Karte zu Hülfe. Apianus erzählt in seinem 1540 gedruckten Buche Astronomicum Caesareum, daß zu seiner Zeit einige Personen verschiedene Combinationen von gefärbten Gläsern anwendeten, welche an den Rändern zusammengeklebt waren. Es ist wirklich zu verwundern, daß es so lange Zeit gedauert, ehe ein so einfaches Verfahren allgemein wurde, und vor Allem, daß nach Erfindung der Fernröhre ein Astronom wie Galilei sich desselben nicht bedient hat. Die gefärbten Gläser hätten diesen großen Mann wahrscheinlicherweise vor den Augenschmerzen

bewahrt, an denen er so oft litt, und vor der völligen Blindheit, welche ihn in seinen letzten Lebensjahren traf.

Die erste Anwendung der gefärbten Gläser in Verbindung mit dem Fernrohre ist, glaube ich, Scheiner zu verdanken. Wir lesen in seinem Briefe an Welser vom 12. November 1611, daß er zu den Tageszeiten, wo man wegen ihres hohen Standes nicht ungestraft in die Sonne sehen konnte, das Objectiv mit einem grünen Planglase verdeckte. In seinem Werke aus dem Jahre 1612, De maculis in Sole etc., empfiehlt Scheiner die blauen Gläser, und sagt, daß die holländischen Seeleute zur Schwächung des Glanzes sich gefärbter Gläser zu bedienen pflegten, wenn sie Sonnenhöhen nahmen (mit bloßen Augen, ohne Fernröhre). Scheiner brachte sein gefärbtes Glas also vor dem Objective an. Dasselbe mußte folglich ziemlich groß sein, und außerdem aus sehr reinem Glase bestehen, eine gute Politur und parallele Flächen besitzen; denn ohne diese Bedingungen würde die Richtigkeit der teleskopischen Bilder zu große Einbuße erleiden. Lag hierin etwa der Grund, weßhalb Galilei diese Methode nicht annahm? Aber warum hat er denn nicht, wie es heutzutage geschieht, das gefärbte Glas außerhalb des Fernrohres zwischen das Auge und das Ocular gesetzt? In dieser Stellung braucht das Sonnenglas nur wenige Millimeter im Durchmesser zu haben, und es ist ferner in keiner Weise erforderlich, daß es sehr rein sei, genau parallele Flächen und eine gewissermaßen mathematisch vollkommene Politur habe. Das früheste Werk, das ich kenne, in welchem von einem gefärbten Glase zwischen dem Auge und dem Oculare des Fernrohres die Rede ist, datirt aus dem Jahre 1620 und führt den Titel: Borbonia Sidera etc., von Johann Tarde, Canonicus an der Kathedrale von Sarlat [34]).

Da das Auge das lebhafte Licht des Sonnenbildes, welches sich im Brennpunkte eines Fernrohres oder Spiegelteleskops erzeugt, nicht zu ertragen vermag, so betrachten alle Astronomen heutzutage dieses Focalbild durch ein roth oder grün gefärbtes Glas, welches den Lichtstrahlen dieselbe Färbung mittheilt.

Demnach sieht man das strahlende Gestirn nicht in seinem natürlichen Zustande. Die Wahl der gefärbten Gläser, zu denen man seine Zuflucht nehmen muß, um die Intensität des teleskopischen Bildes der

Sonne zu mildern, ist von großer Wichtigkeit. Dasselbe ist von der Stellung zu sagen, welche man diesen Blendgläsern anweist. Da verschiedene Astronomen, welche sich mit der Untersuchung der physischen Beschaffenheit der Sonne beschäftigten, blind geworden sind, weil auf die Ausbildung dieses wichtigen Zweiges der Beobachtungskunst zu wenig Werth gelegt wurde, so will ich hier einige von den Resultaten anführen, zu denen William Herschel gelangt ist, als er diese Frage einem gründlichen Studium und ausführlichen Versuchen unterwarf.

Die rothen Gläser lassen, selbst wenn sie das Sonnenlicht in hinreichendem Maaße abschwächen, um ohne Beschwerde ertragen zu werden, eine große Menge Wärmestrahlen hindurch, von denen das Auge des Beobachters gleichfalls sehr zu leiden hat.

Die grünen Gläser halten allerdings die Wärme zum größten Theile ab, allein wenn sie nicht eine übermäßige Dicke besitzen, so bleibt eine schädliche Intensität des Lichtes zurück.

Da in dem Lichtkegel, welcher aus dem Oculare eines Fernrohres austritt, die Strahlen äußerst concentrirt sind, so erfährt das gefärbte Glas, durch welches das Licht hindurchgeht, eine sehr intensive locale Erwärmung; diese verursacht oft eine plötzliche Ausdehnung oder das Springen der Gläser, und verdirbt ihre Politur. Diese Nachtheile lassen sich vermeiden, wenn man das gefärbte Glas zwischen das Ocular und das Objectiv an einer Stelle einschaltet, wo die Lichtstrahlen noch nicht die außerordentliche Concentration erfahren haben, von welcher eben die Rede gewesen ist. William Herschel gibt an, daß er durch dieses Mittel einen guten Erfolg erzielt habe. Mir scheint aber ein beträchtlicher Uebelstand nothwendig damit verknüpft zu sein, sofern nämlich die Schärfe der Bilder leidet (denn die gefärbten Gläser sind selten ganz frei von Streifen), und die Fehler alsdann durch die Vergrößerung des Oculars gesteigert werden. Bei der gewöhnlichen Stellung, wo sich das Sonnenglas vor dem Oculare befindet, werden die etwaigen Fehler desselben nicht vergrößert; das im Brennpunkte erzeugte Bild behält die ganze Reinheit, welche der Güte des Fernrohrs entspricht, und wird nicht in höherem Grade entstellt, als wenn man es mit unbewaffnetem Auge durch das Glas ansähe.

William Herschel hat ferner vorgeschlagen, statt des gefärbten Glases die Flüssigkeit anzuwenden, welche man erhält, wenn Tinte mit Wasser verdünnt und durch Papier filtrirt wird. Diese Flüssigkeit läßt der Sonne ihre schneeweiße Färbung, wodurch die Ungleichförmigkeiten, oder wenn man lieber will, die Helligkeitsunterschiede, mit denen die Oberfläche des Gestirnes übersäet ist, deutlicher hervortreten. Ich füge hinzu, daß die weiße Farbe auch vortheilhaft sein muß, um die von dem Zerstreuungsvermögen der Atmosphäre abhängigen Phänomene in ihrer ganzen Ausdehnung zu studiren.

Herschel erwähnt eines wichtigen Umstandes, den er gefunden habe: er behauptet nämlich, die fragliche Flüssigkeit absorbire zum größeren Theile die Wärmestrahlen, welche dem Sonnenlichte beigemischt sind. Das hinter dem Oculare befindliche Auge wäre demnach einer Ursache zur Entzündung nicht mehr ausgesetzt, welche schon mehr als einem Astronomen verderblich geworden ist.

Die filtrirte Tinte, welche Herschel statt des gefärbten Glases empfahl, war in einem dünnen von zwei eben geschliffenen Glastafeln mit parallelen Oberflächen begrenzten Gefäße enthalten. Die Vorrichtung wurde in einiger Entfernung vor dem Oculare angebracht, so daß die Strahlen schon geschwächt in den Brennpunkt kamen.

Das von Herschel vorgeschlagene Mittel zur Vervollkommnung der Sonnenbeobachtungen ist trotz der Vortheile, welche sich sein Urheber davon zu versprechen schien, niemals allgemeiner in Anwendung gekommen [35]).

Zwölftes Kapitel.

Schnelligkeit der auf der Sonnenoberfläche stattfindenden Veränderungen.

Schon Scheiner führt an, daß die Bewegung des Halbschattens nach dem Kerne hin zuweilen bemerkbare Gestaltänderungen binnen sehr kurzer Frist hervorbringt.

Auch Galilei spricht mit Verwunderung von der Schnelligkeit, mit welcher die Sonnenflecken entstehen, sich verändern und verschwinden.

Derham sah Veränderungen eintreten, während er mit dem Auge durch das Fernrohr blickte. Unter anderen Fällen bemerkte er am 29. October 1706 einen schwarzen Flecken, der in der Mitte einer glänzenden Sonnenfackel zu wiederholten Malen zum Vorscheine kam und wieder verschwand [36]).

Francis Wollaston erzählt in einem Aufsatze aus dem Jahre 1774, daß er beim Betrachten der Sonne einen Flecken ganz plötzlich sich zertheilen sah. Er vergleicht den Vorgang mit der Erscheinung, welche eintritt, wenn man ein Stück Eis auf die Oberfläche einer gefrorenen Wasserfläche wirft und die einzelnen Theilchen, in welche das Eis zerbricht, nach allen Richtungen fortgleiten.

Herschel und andere Astronomen haben in den länglichen Sonnenfackeln Veränderungen von außerordentlicher Schnelligkeit und Ausdehnung wahrgenommen. Eine aufmerksame Beobachtung dieser Fackeln scheint über die physische Beschaffenheit der Sonne noch manche neue Aufklärung zu versprechen.

Dreizehntes Kapitel.

Vom Kerne der Sonnenflecken.

Fabricius bezeichnet den Flecken, aus dessen Beobachtung er auf die Rotationsbewegung der Sonne schloß, als einen schwärzlichen Gegenstand, der auf einer Seite minder dicht und schwarz erschien.

Galilei spricht einfach von der ausnehmenden Unregelmäßigkeit der Flecken, von den großen Gestaltänderungen, welche sie von einem Tage zum andern erfahren, und von ihrer mehr oder weniger dunklen Färbung.

Durch die geringe Stärke der ersten Fernröhre und die Schwierigkeit, die Sonne ohne Blendgläser zu beobachten, getäuscht, haben, wie es scheint, Fabricius und Galilei nur einen der beiden Theile, welche zu den größeren Sonnenflecken gehören, deutlich gesehen. Ihre Aufmerksamkeit beschränkte sich ausschließlich auf den centralen oder den schwärzesten Theil, welchen wir den Kern genannt haben.

Wenn der Kern eines Fleckens kleiner wird oder verschwindet, so geschieht dies nach Scheiner's Bemerkung in der Regel infolge einer unregelmäßigen Ausbreitung des Halbschattens.

Diese Bewegung des Halbschattens oder Hofes nach dem Kerne hin hat oft die Zertheilung des letzteren in mehrere getrennte Kerne zur Folge.

Der Kern verschwindet vor dem Halbschatten. Diese Angabe Scheiner's wird durch viele Beobachtungen von Hevel und Derham bestätigt.

Dieselbe Erscheinung beschreibt Herschel in folgenden Worten:

„Ein Kern, welcher sich zusammenzieht und seinem Verschwinden entgegengeht, theilt sich häufig in mehrere getrennte Kerne. In einem solchen Augenblicke scheint die Lichtmaterie der Sonne sich wie eine Brücke über die Höhlung des Fleckens auszubreiten."

Die großen Flecken mit schwarzem Kerne sind in der Regel von Sonnenfackeln auf so weite Entfernungen hin umgeben, daß man zuweilen, wenn diese leuchtenden Stellen am östlichen Sonnenrande auftreten, das Erscheinen der dunklen Flecken mehrere Tage im Voraus vorhersagen kann.

Die äußere Begrenzung eines Kernes tritt stets scharf und bestimmt hervor. Diese alte Beobachtung Scheiner's hat sich in allen Fällen bestätigt.

Herschel gibt an, daß vor der Erscheinung eines großen Kernfleckens an der Stelle, wo derselbe sich bildet, in der Regel ein sehr kleiner schwarzer Punkt (Pore) wahrgenommen wird, welcher sich nach und nach erweitert, aber nicht mehrere Punkte gleichzeitig. Man möchte sagen, fügt der gefeierte Astronom hinzu, daß die Lichtmaterie der Sonne allmälich nach allen Richtungen hin durch eine aufsteigende Strömung auseinandergetrieben würde, welche nach jenem ersten schwarzen Punkte, gewissermaßen dem Keimpunkte des Fleckens, gerichtet ist.

Herschel behauptet ferner, daß die Kernflecken am Rande der Sonnenscheibe schwärzer erscheinen, als in der Nähe des Mittelpunktes. Indem ich mir sorgfältig vergegenwärtige, was sich bei meinen Beobachtungen dargeboten hat, bin ich geneigt, die Richtigkeit dieser Ansicht in Zweifel zu ziehen.

Die einander nahestehenden Flecken scheinen eine gewisse Neigung zu besitzen, sich zu vereinigen; in der Regel wachsen sie bis zu dem Augenblicke, wo ihre Vereinigung erfolgt.

Galilei hat vermittelst einer Beobachtung, welche erwähnt zu werden verdient, nachgewiesen, daß die Kerne nicht über die Oberfläche der Sonne hervorragen. Er bemerkte nämlich, daß der leuchtende Zwischenraum zwischen zwei am Aequator stehenden Flecken, wie klein derselbe auch in dem Augenblicke sein mag, wo die beiden Flecken im Mittelpunkte der Sonnenscheibe sich befinden, noch in der Nähe des Randes sichtbar ist: während wenn sie eine merkbare Höhe besäßen, sie sich aufeinander projiciren und nur als ein einziger Flecken erscheinen würden.

Die großen Flecken scheinen zuweilen schwarze Ausschnitte am Rande der Sonne zu verursachen. Man führt in dieser Beziehung eine Beobachtung von La Hire aus dem Jahre 1703, und eine Beobachtung Cassini's von 1719 an. Herschel hat dieselbe Erscheinung am 3. December 1800 wahrgenommen [37]).

Vierzehntes Kapitel.

Vom Hofe oder Halbschatten.

Die größeren Sonnenflecken haben fast jederzeit rings um den schwarzen Kern einen ausgedehnten Gürtel von geringerer Dunkelheit, der wie bereits bemerkt worden ist, jetzt der Hof oder Halbschatten heißt.

Dieser Halbschatten unterscheidet sich von den übrigen Theilen der scheinbaren Sonnenoberfläche durch eine plötzliche Aenderung des Glanzes und eine scharf hervortretende Begrenzung.

Der Hof besitzt wesentlich mehr Licht, als der Kernflecken, aber einen erheblich geringeren Glanz als die übrigen Theile der Sonne: seine Entdeckung ist Scheiner zuzuschreiben.

Scheiner hat niemals einen Halbschatten beobachtet, der an seiner äußeren Begrenzung spitze Winkel zeigte; doch glaubte dieser Astronom mit Unrecht, daß eine Erscheinung, welche sich bei seinen Untersuchungen nicht dargeboten hatte, überhaupt nicht stattfinden könnte. In der

That finde ich in den Beobachtungen von Herschel die Zeichnung eines Sonnenfleckens, vom 18. Februar 1801, 7 Uhr 44 Minuten, dessen Kern eine schmale, sehr spitze und vorspringende Verlängerung hatte, welche sich beim Halbschatten wiederholte; einige Stunden später, um 2 Uhr 11 Minuten, bemerkte man statt der zwei Vorsprünge oder Stiele sechs dergleichen, welche sich gleichfalls entsprachen. Welcher Art also auch die Ursache sein mochte, welche die Gestalt des Kernes modificirte, die Wirkung auf den Halbschatten war die nämliche.

Scheiner glaubte, daß Kerne ohne Hof nicht vorkommen. Hevel war derselben Ansicht.

Diese Angabe ist jedoch nicht genau. Herschel hat am 27. Februar 1800 zwei große Flecken gesehen, welche kein Halbschatten umgab. Die kleinen Sonnenflecken haben sogar fast niemals einen Hof.

Um ferner zu zeigen, daß zuweilen große Flecken von Halbschatten ohne centralen Kern vorkommen, führe ich zwei Beobachtungen von William Herschel an: vom 7. und vom 12. Februar 1800.

Wo der Halbschatten den schwarzen Kern unmittelbar berührt, ist seine Helligkeit merklich größer als in der Nähe seiner äußern Grenze. Diese Wahrnehmung rührt von Joh. Dom. Cassini her und ist sehr merkwürdig; auch Schröter hat auf dieselbe Erscheinung aufmerksam gemacht.

Ich habe jetzt die schöne Entdeckung zu erwähnen, welche Alexander Wilson machte, als er den großen im November 1769 sich zeigenden Sonnenflecken aufmerksam verfolgte [38]). Dieselbe besteht in Folgendem:

Es ist bereits bemerkt worden*), daß nahe am Mittelpunkte der Sonnenscheibe der Halbschatten, vollkommen abgegrenzt, den Kern umgibt und nach allen Richtungen hin nahezu gleiche Breite hat; daß aber, wenn der Flecken nach dem westlichen Sonnenrande fortrückt, der Halbschatten sich auf der zwischen dem Kerne und dem Sonnenmittelpunkte gelegenen Seite beträchtlich zusammenzuziehen scheint, noch ehe die anderen Theile desselben Hofes ihre Dimensionen in merkbarer Weise verändern.

---

*) Siehe oben das 4. Kapitel S. 82.

„Wenn der Flecken nur noch 24″ vom Rande entfernt ist, so verschwindet der Halbschatten auf der Seite nach dem Sonnenmittelpunkte hin vollständig. Auf derselben Seite erfährt auch der Kern eine offenbare Verkleinerung.“ (Philos. Trans., 64. Band, S. 7).

Denken wir uns den Halbschatten auf der Sonnenoberfläche liegend, und nehmen an, daß er ein Theil dieser Oberfläche selbst sei, der partiell zu leuchten aufgehört habe, so würden, wie bereits früher erwähnt, die von Wilson beobachteten Erscheinungen gänzlich unerklärbar sein. Denn offenbar müßte bei dieser Annahme derjenige Theil des Hofes, welcher unter einem schieferen Winkel gesehen wird, verkürzt erscheinen und zuerst verschwinden, während gerade das Gegentheil stattfindet. Die dem Sonnenrande zunächst liegende Seite des Hofes bleibt noch sichtbar, wenn die zwischen dem Kerne und der Mitte der Sonne enthaltene Seite bereits vollständig verschwunden ist.

Wilson gibt eine geometrisch genaue Erklärung für seine sehr bemerkenswerthe Beobachtung, indem er annimmt, daß die Sonnenflecken durch große Vertiefungen in der leuchtenden Materie der Sonne hervorgebracht werden. Nach dieser Voraussetzung sehen wir die Kerne da, wo der Boden jener Aushöhlungen sich befindet; die Halbschatten werden durch die Ränder derselben erzeugt. Alsdann müssen nothwendigerweise die nach der Mitte der Sonne hin liegenden Theile des Halbschattens, vermöge der Wirkung der Perspective, sich zusammenziehen und zuerst verschwinden, wie sich Jeder leicht überzeugen kann, der die folgende Figur aufmerksam betrachtet (siehe Fig. 162), wo offenbar der in T′ sichtbare Theil des Halbschattens ab von einem Beobachter nicht mehr gesehen wird, der in der Stellung T zur Sonne S sich befindet.

Das Gesetz des Phänomens läßt sich mathematisch genau berechnen, so daß man aus der Beobachtung der Stelle, wo der Halbschatten verschwindet, leicht die Tiefe ableiten kann, in welcher sich der Kern unter der äußeren Oberfläche der Sonne befindet. So hat im December 1769 Wilson den Betrag dieser Vertiefung für einen schönen zu jener Zeit sichtbaren Sonnenflecken etwa so groß als den Halbmesser unserer Erde gefunden.

Lalande und Francis Wollaston dachten die Hypothese Alexander

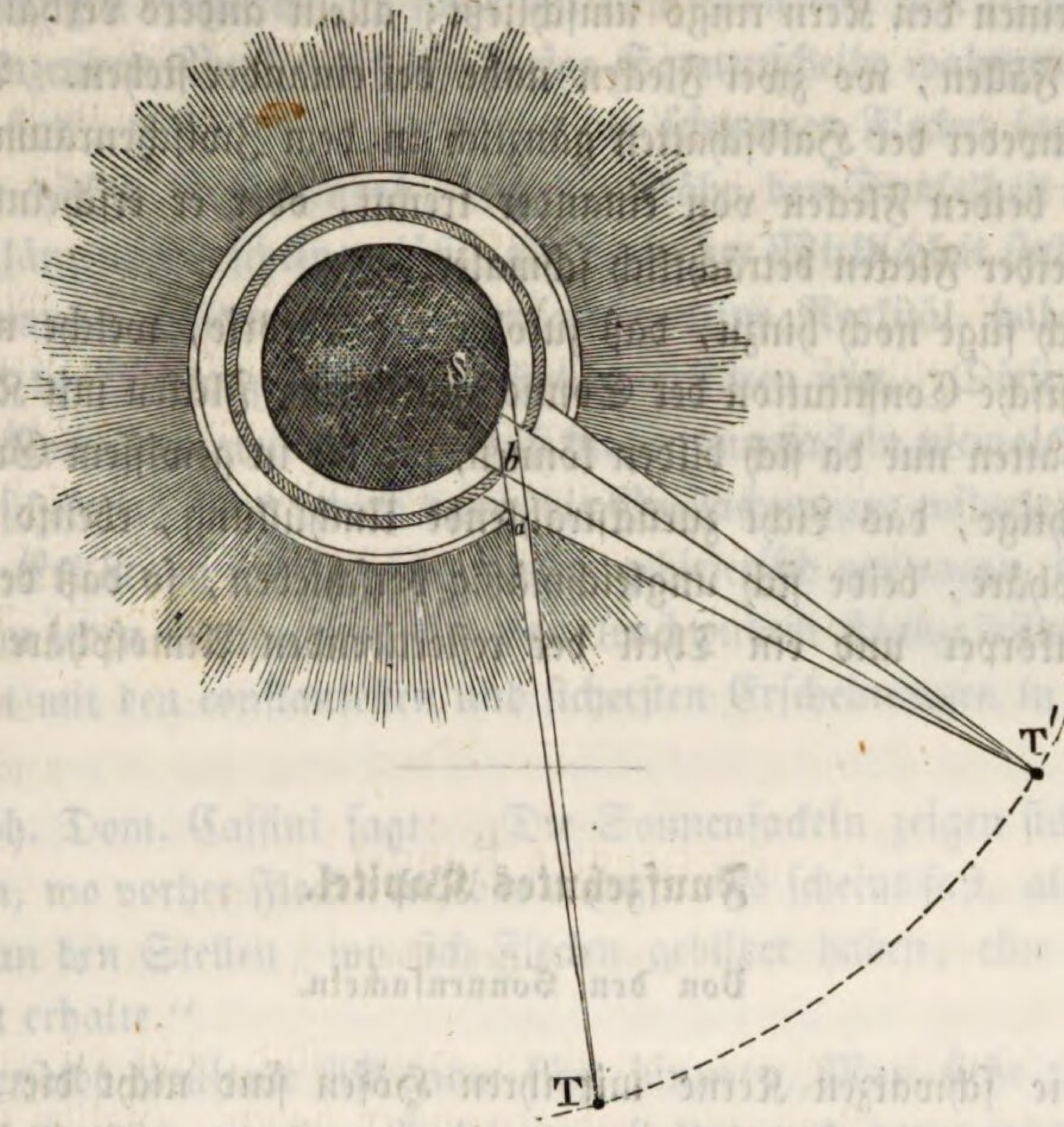


Fig. 162. — Erklärung, wie ein Theil des Halbschattens vor dem Kernflecken verschwindet.

Wilson's durch eine einzige Bemerkung zu widerlegen. Sie behaupteten nämlich, daß jener Erklärung zufolge dies Verschwinden des Hofes nach der Seite des Sonnenmittelpunktes hin, wenn der Flecken sich dem Rande nähert, in jedem Falle eintreten müßte, wie Fig. 162 zeigt; trotzdem hat es sich in einigen, obgleich sehr seltenen Fällen ereignet, daß der Hof auf den beiden entgegengesetzten Seiten des Kernes nahezu gleich breit erschien.

Diese Schwierigkeit ist nicht unübersteiglich. Man kann die Ränder oder Abhänge jener Vertiefungen in ausnahmsweisen Fällen so annehmen, daß der Halbschatten gleich breit bleibt an den Stellen, wo er gewöhnlich auf einer Seite verschwindet.

Wir haben bereits erwähnt*), daß wenn ein einzelner Flecken sich in der Nähe des Sonnenmittelpunkts befindet, der Halbschatten im

*) Siehe oben das 4. Kapitel S. 82.

Allgemeinen den Kern rings umschließt; allein anders verhält es sich in den Fällen, wo zwei Flecken nahe bei einander stehen. Alsdann fehlt entweder der Halbschatten gänzlich in dem Zwischenraume, welcher die beiden Flecken von einander trennt, oder er erscheint in der Nähe beider Flecken beträchtlich schmaler.

Ich füge noch hinzu, daß zufolge der Theorie, welche wir über die physische Constitution der Sonne annehmen, Flecken mit Kern und Halbschatten nur da sich bilden können, wo die in gewissem Grade undurchsichtige, das Licht zurückstrahlende Umhüllung, ebenso wie die Photosphäre, beide sich ungleichmäßig verschieben, so daß der dunkle Sonnenkörper und ein Theil der reflectirenden Atmosphäre sichtbar werden.

Funfzehntes Kapitel.

Von den Sonnenfackeln.

Die schwarzen Kerne mit ihren Höfen sind nicht die einzigen Flecken, welche die Beobachter wahrgenommen haben. Galilei schreibt in dem dritten Briefe an Welser vom 1. December 1612: „Zuweilen bemerkt man auf der Oberfläche der Sonne verschiedene kleine Stellen, welche sich durch ihre Helligkeit vor den übrigen Theilen auszeichnen."

Die Entdeckung dieser leuchtenden Stellen, welche wir Sonnenfackeln genannt haben, beseitigte definitiv die Schwierigkeiten, welche die eifrigsten Peripatetiker gegen die Axendrehung der Sonne erhoben hatten. Wenn ein Flecken von größerer Helligkeit als die ganze Sonnenoberfläche sich eben so wie die dunklen Flecken bewegte, und am Rande unsichtbar wurde, so war die lange Zeit vertheidigte Hypothese über die schwarzen Flecken nicht mehr haltbar, wonach die beobachteten Phänomene von Körpern außerhalb der Sonne abhängen sollten, welche die Sonne umkreisten und successive gewisse Theile derselben verfinsterten.

Huygens glaubte nicht an die Existenz der Sonnenfackeln. In seinem Kosmotheoros äußert er sich wie folgt[39]: „Ich bezweifle sehr, daß es auf der Sonne Stellen gibt leuchtender als die Sonne selbst. Wenn ich die genauesten über diesen Gegenstand angestellten

Beobachtungen vergleiche, so finde ich, daß wenn von Zeit zu Zeit hellere, glänzendere Punkte als die übrige Sonnenscheibe wahrgenommen worden sind, dieselben in der Nähe der schwarzen Flecken lagen; es hat aber nichts Auffallendes, daß die Nähe der Dunkelheit gewisse Theile glänzender erscheinen läßt, als sie in der Wirklichkeit sind."

Demnach sollten die Sonnenfackeln keine Realität haben und bloß aus der Wirkung des Contrastes zu erklären sein. Diese Ansicht setzt mit Nothwendigkeit voraus, daß die Sonnenfackeln niemals für sich allein erscheinen: was jedoch durch die Beobachtungen widerlegt wird. Dieselbe Erklärung würde nicht minder gebieterisch verlangen, daß jede Fackel um jeden Flecken eine Art von leuchtendem Kranze bilde; auch dies steht mit den constantesten und sichersten Erscheinungen in Widerspruch.

Joh. Dom. Cassini sagt: „Die Sonnenfackeln zeigen sich in der Regel da, wo vorher Flecken sichtbar waren. Es scheint fast, als ob die Sonne an den Stellen, wo sich Flecken gebildet haben, eine größere Reinheit erhalte."

Derselbe berühmte Astronom fügt hinzu: „Man sieht zuweilen einen Flecken sich zu einer Fackel umgestalten und dann wieder zum Flecken werden."

Die großen Sonnenfackeln, diejenigen, welche in der Nähe des Sonnenrandes am hellsten erscheinen, verschwinden in der Regel, wenn die Rotationsbewegung der Sonne sie in den Mittelpunkt der Scheibe bringt. Herschel hat diese sehr alte Bemerkung bestätigt.

Sechzehntes Kapitel.

Von den Lichtadern oder Narben.

Galilei beschränkte sich hinsichtlich der Sonnenfackeln auf die einfache Bemerkung, welche ich in dem vorhergehenden Kapitel angeführt habe. Scheiner gab der Entdeckung eine größere Ausdehnung, oder vielmehr er fügte eine neue ganz eben so wichtige Beobachtung hinzu. Wie der florentiner Astronom sah der Jesuit zu Ingolstadt zuweilen

glänzende Flecken von einer gewissen Ausdehnung hier und da auf dem hellen Grunde der Sonne hervortreten, aber er machte noch außerdem die Bemerkung, daß die ganze Oberfläche des Gestirnes beständig sowohl mit sehr kleinen leuchtenden und dunklen Punkten, als mit ausnehmend feinen helleren und matteren Furchen übersäet ist, welche sich unter allen möglichen Richtungen durchkreuzen.

Diese unzähligen leuchtenden Furchen, mit denen die Oberfläche der Sonne vom östlichen bis zum westlichen Rande und von einem Umdrehungspole zum anderen fortwährend überzogen erscheint, haben wir Lichtadern oder Narben genannt.

Im Jahre 1774, zu einer Zeit, wo die alten Beobachtungen Scheiner's über die Lichtadern fast gänzlich in Vergessenheit gerathen waren, sagte Francis Wollaston: „Die Sonne hat in der Regel, ja vielleicht immer, ein punktirtes Aussehen. Namentlich in der Nähe des Randes fällt diese Beschaffenheit in die Augen.“

Im Jahre 1795 schrieb Herschel[40]): „Die Sonne scheint mir so unregelmäßig, wie die Schale einer Orange.“

Die dunklen Furchen, welche neben den leuchtenden Furchen (corrugations) herlaufen, haben dem geschickten Astronomen von Slough bei der Anwendung sehr starker Vergrößerungen sehr kleine Flecken gezeigt, ganz so schwarz, wie die eigentlichen kleinen Kernflecken.

Das punktirte Aussehen der Sonne sowie die kleinen leuchtenden Furchen lassen sich viel besser vermittelst eines Fernrohrs oder Spiegelteleskops mit weiter Oeffnung und einem sehr dunkel gefärbten Sonnenglase beobachten, als wenn man sich eines Instrumentes mit kleiner Oeffnung und schwach gefärbtem Glase bedient. Daraus folgt, daß bei dieser besonderen Gattung von Beobachtungen die infolge der Absorption eines gefärbten Glases eintretende Lichtverminderung der Schärfe des Sehens weniger Eintrag thut, als der Lichtverlust, welchen eine Verkleinerung der Oeffnung des Fernrohrs mit sich führt.

Ich habe häufig Gelegenheit gehabt, mich von der Richtigkeit dieser Bemerkung Herschel's zu überzeugen. Es scheint mir sogar leicht, eine Erklärung dafür anzugeben.

Das Bild eines Sternes oder eines beliebigen anderen sehr kleinen leuchtenden Punktes erscheint in einem Fernrohre oder Spiegel-

teleskope von kleiner Oeffnung mit einer zahlreichen Reihe von Ringen umgeben. Bei den Bildern der Lichtadern wird folglich dasselbe stattfinden. Wenn nun die Ringe bei ihrer Verschmelzung sich übereinander lagern, so muß nothwendigerweise ein gleichförmiger Glanz auch an den Stellen entstehen, wo außerdem abgesonderte Lichtpunkte bemerkbar sein würden.

Siebzehntes Kapitel.

Von der Gegend, in welcher die eigentlichen Sonnenflecken auftreten.

Galilei gab den 29. Breitengrad nördlich und südlich vom Sonnenäquator aus gerechnet als die Grenze an, über welche hinaus keine Sonnenflecken mehr wahrgenommen würden.

Scheiner dehnte diese Grenzen bis auf den 30. Breitengrad aus. Die ganze Breite der Königszone betrug folglich 60 Grade. Unter der Königszone verstand der thätige Jesuit denjenigen Bereich auf der Sonnenoberfläche, wo alle Flecken auftreten.

Die Sonnenflecken entfernen sich mitunter beträchtlich von den Grenzen, welche Scheiner und Galilei festsetzten. Im Juli 1777 beobachtete Messier einen schwarzen Flecken, dessen nördliche Abweichung auf 31½ Grad stieg; im Juli 1780 besaß ein schöner Flecken von derselben Art nach den übereinstimmenden Beobachtungen Méchain's 40½ Grad nördliche Breite.

Cassini und Maraldi glaubten, daß weit mehr Flecken auf der südlichen Halbkugel der Sonne vorkommen als auf der nördlichen. Im Jahre 1707 erinnerten sie sich in der nördlichen Hemisphäre nur einen einzigen Flecken (vom Monat April 1705 (?)) gesehen zu haben.

Ich habe bei Vergleichung der nach 1707 veröffentlichten Abhandlungen kein Uebergewicht der südlichen über die nördlichen Flecken gefunden.

J. D. Cassini glaubte zu erkennen, daß die Flecken aus den Monaten Mai und Juni 1688 genau dieselben Stellen auf der Sonne einnähmen, an welchen sich bereits früher Flecken gezeigt hatten. Er ging in der Aufsuchung der Aehnlichkeit so weit, daß er diese Flecken

selbst unter denen zu finden meinte, welche Scheiner und Hevel beobachtet hatten. Die Zeiten, welche er auf diese Weise für die Umdrehung der Sonne erhielt, schienen ihm seine Annahme zu bestätigen.

Lalande nahm diese Untersuchung im Jahre 1778 wieder auf. Er gelangte dabei zu folgenden Ergebnissen:

„Es gibt sehr beträchtliche Flecken, welche an denselben physischen Punkten der Sonnenscheibe wiedererscheinen, während andere gleichfalls bemerkenswerthe an anderen Punkten auftreten.“

Lichtadern, leuchtende Furchen bemerkt man unter allen Breiten, bis in die Nähe der Umdrehungspole der Sonne. Unter dem 26. November 1794 schreibt Herschel in seinem Beobachtungsjournale:

„Die Sonne erscheint gesprenkelt und mit Punkten übersäet auf ihrer ganzen Oberfläche, d. h. an den Polen wie am Aequator. Die kleinen Punkte von ungleicher Helligkeit waren indessen in der Mitte deutlicher als in der Nähe der Ränder zu sehen.“

Gerade das Gegentheil findet bei den großen Sonnenfackeln statt. In Bezug auf die kleinen steht die Bemerkung Herschel's in directem Widerspruche mit einer Beobachtung von Francis Wollaston.

Herschel glaubte endlich, daß eine der beiden Sonnenhemisphären vermöge ihrer physischen Beschaffenheit weniger geeignet sei Wärme und Licht auszustrahlen, als die entgegengesetzte Halbkugel, so daß die Sonne in sehr großen Entfernungen alle Erscheinungen darbieten könnte, welche Fixsterne mit regelmäßiger Periodicität, von der Erde aus gesehen, zeigen; allein Herschel sagt nicht, auf welche Beobachtungen sich seine Conjectur stützt[41]).

Achtzehntes Kapitel.

Prüfung der verschiedenen Erklärungen, welche man vom Kerne, von den Sonnenflecken und von ihrem Halbschatten zu geben versucht hat.

Nach La Hire ist die Sonne eine flüssige Masse, in welcher dunkle Körper herumschwimmen. In der Regel sinken diese Körper ganz unter, und kommen nur bisweilen an die Oberfläche; die oberen Schichten

der flüssigen Masse führen sie alsdann vermöge der Bewegung um den Mittelpunkt des Gestirnes mit sich fort.

Die dunklen Körper, sagt der pariser Akademiker, halten die Molecüle von gleicher Beschaffenheit, welche auf der Oberfläche der Sonne schwimmen, auf, und dies ist die Ursache, weßhalb die nächste Umgebung der Flecken stets heller als die übrige Oberfläche erscheint; aus demselben Grunde müssen an den Stellen, wo die Flecken, indem sie untersinken, verschwinden, Sonnenfackeln auftreten.

Was soll aber bei dieser Erklärung der Halbschatten bedeuten? weßhalb sieht man die Sonnenfackeln rings um die Flecken? woher entstehen die Fackeln ohne Flecken? wovon hängt die leichtere Sichtbarkeit dieser leuchtenden Stellen in der Nähe der Sonnenränder ab?

Fontenelle modificirte die Erklärung La Hire's und suchte jene geheimnißvolle Bewegung des abwechselnden Untersinkens und Emporsteigens der dunklen Körper vermittelst einer Bemerkung zu umgehen, die wir bald unter einem anderen Namen wieder finden werden. Anstatt der schwimmenden Körper nahm Fontenelle einen festen und dunklen Kern als integrirenden Theil der Sonnenmasse an, von welchem er sagt: „Damit wird das Nämliche erzielt, wenn man der flüssigen Masse eine Bewegung beilegt, mittelst deren sie den großen festen Körper bald ganz bedeckt, bald mehr oder weniger frei läßt."

Ich komme jetzt zu einer Hypothese, welche ich mit Stillschweigen übergehen würde, wenn nicht ihr Urheber, Gascoigne, ein Astronom von großem Rufe wäre, derselbe, dem die Engländer die Erfindung des Mikrometers zuschreiben [42]).

Gascoigne nimmt an, daß in der Umgebung der Sonne eine große Anzahl fast durchsichtiger Körper existiren, welche sich in Kreisbahnen von verschiedenen Durchmessern bewegen, ohne sich jedoch um mehr als den zehnten Theil des Sonnenhalbmessers von der Oberfläche dieses Gestirns zu entfernen. Die Geschwindigkeiten dieser verschiedenen Körper müssen ungleich und um so größer sein, je geringere Ausdehnung ihre Bahnen besitzen. Solche Körper sind alsdann sehr häufig in Conjunction, wodurch die Sonnenflecken erzeugt werden; während nämlich ein einziger Körper das Licht noch nicht in hinreichendem Maaße schwächt, um eine dunkle Stelle auf der Sonnen-

scheibe bemerken zu lassen, müssen zwei, drei oder eine größere Anzahl dieser Körper, wenn sie hintereinander stehen, alle Abstufungen von Dunkelheit hervorbringen, welche die Sonnenflecken den Beobachtern gezeigt haben (Phil. Trans. Bd. 27).

Crabtree bekämpfte diese seltsame Hypothese in einem an Gascoigne selbst gerichteten Briefe. Er bemerkte, daß bei dieser Erklärung die Flecken fortwährend ihre Gestalt ändern würden, wie ein Flug Vögel, und daß sie die verschiedensten Geschwindigkeiten besitzen müßten.

Derham hatte die Ansicht, daß die Sonnenflecken stets die Wirkung einer vulkanischen Eruption seien. Der Rauch und die ausgeworfenen Schlacken sollten seiner Meinung nach die schwarzen Flecken bilden. Das spätere Hervorbrechen von Flammen und glühenden Lavaströmen würde die Sonnenfackeln erzeugen.

Was die Erklärung der Sonnenfackeln betrifft, so genügt eine einfache Bemerkung, um dieselbe umzustoßen: die Fackeln zeigen sich oft vor den schwarzen Flecken.

Francis Wollaston gehört auch zu denjenigen, welche die Sonnenflecken als die Krater von Vulkanen ansahen. Nur fügte dieser Astronom der Hypothese seiner Vorgänger eine Bedingung hinzu, welche er für unerläßlich hielt, daß nämlich diese Krater in bedeutender Höhe, also auf den Gipfeln der Berge lägen.

Glaubte wohl Maupertuis im Ernste eine Theorie der Sonnenflecken aufzustellen, als er sagte: „Die Sonnenflecken sind Körper, welche in einem (glühenden) Fluidum schwimmen, und gewissermaßen den Schaum davon bilden, oder sich darin verzehren.“ Woher kommen diese Körper? weßhalb sind sie von Halbschatten umgeben? warum findet eine Abhängigkeit zwischen ihrem Auftreten und der Lage der Sonnenfackeln statt? u. s. w.: von alle dem nicht ein einziges Wort.

Lalande entwickelte eine Andeutung Fontenelle's weiter und nahm an, daß die leuchtende Materie, welche die Sonne umkleidet, einer Ebbe und Fluth unterworfen sei. Infolge dieser alternirenden Bewegung könnten ungeheure Felsen von Zeit zu Zeit über die Oberfläche der flüssigen Masse emporragen [43].

Bei dieser Theorie würden die felsigen Theile, welche ganz aus der leuchtenden Materie heraustreten, die Kerne der Flecken erzeugen;

die noch ein wenig unter dem allgemeinen Niveau liegenden Theile dagegen würden den Halbschatten bilden.

Allein es muß auf den ersten Blick einleuchten, daß diese Halbschatten alsdann keine scharfe Begrenzung zeigen können, und daß ihre dunkelsten Stellen den Kern berühren müssen. Dieser Folgerung stehen aber nach den alten Zeugnissen von Cassini und La Hire die Beobachtungen entgegen. Wenn noch andere Einwürfe nöthig wären, so würde ich fragen, wie es möglich ist, daß die Kerne sich theilen.

Die Theorie Lalande's kann vor einer ernsten Prüfung nicht bestehen, vorzüglich mit Rücksicht auf folgende, von Galilei gemachte Bemerkung, welche zeigt, daß die schwarzen Flecken nicht über die Photosphäre hervorragen. Der gefeierte florentiner Philosoph hat nämlich beobachtet, daß der leuchtende Zwischenraum zwischen zwei am Aequator stehenden Flecken, wie klein derselbe auch in dem Augenblicke sein mag, wo die beiden Flecken im Mittelpunkte der Sonnenscheibe sich befinden, noch in der Nähe des Saumes oder Randes sichtbar ist: während wenn sie eine merkbare Höhe besäßen, sie sich auf einander projiciren und nur als ein einziger Flecken erscheinen würden.

Neunzehntes Kapitel.

Bis zu welchen früheren Beobachtern muß man zurückgehen, um die ersten Keime von der heutigen fast allgemein angenommenen Theorie über die physische Constitution der Sonne aufzufinden?

Die Alten haben uns über die physische Beschaffenheit der Sonne keine wahrscheinlichen, und selbst keine vernunftgemäßen Conjecturen hinterlassen. Ihre ganzen Ueberlegungen scheinen sich um die Frage gedreht zu haben: ist die Sonne ein reines Feuer, oder ein materielles Feuer? ein Feuer, welches sich von selbst unterhält, oder der Nahrung bedarf? ein ewiges Feuer, oder ein solches, welches einst verlöschen kann?

Wenn man der Autorität Plutarch's blinden Glauben schenken müßte, so hätte Anaximander aus Milet, dessen Geburt in das Jahr

610 vor Christi Geburt fällt, ein Schüler von Thales und eines der Häupter der ionischen Philosophie behauptet, daß die Sonne aus einem von intensivem Feuer erfüllten Wagenrade bestehe, welches aus einer kreisrunden Oeffnung ausströme.

Diogenes Laertius begnügt sich, Anaximander die Meinung beizulegen, daß die Sonne ein reines Feuer sei.

Anaxagoras, im Jahre 500 vor unserer Zeitrechnung geboren, betrachtete nach Plutarch die Sonne als einen glühenden Stein, nach Diogenes Laertius hielt er sie für glühendes Eisen.

Diese Zusammenstellung des Feuers der Sonne mit irdischem Feuer war für jene entlegenen Zeiten eine außergewöhnliche Vorstellung. In der That hält sich Xenophon darüber auf und findet diese Ansicht lächerlich.

Der Stifter der stoischen Philosophie, Zeno, ließ die Sonne aus einem reinen Feuer größer als die Erde bestehen.

Man legt dem Philosophen Epikur, welcher das atomistische System so berühmt gemacht hat, die Meinung bei, daß die Sonne am Morgen angezündet werde und am Abend in den Fluthen des Oceans verlösche. Nach Plutarch's Erzählung wäre die Vorstellung Epikur's nicht ganz so sonderbar gewesen: er habe die Sonne für eine erdige Masse gehalten, wie Bimsstein durchlöchert und in glühendem Zustande. Aber warum durchlöchert? Diese Vergleichung ist schwer zu begreifen.

Erst die Entdeckung des Fernrohrs und die damit zusammenhängende Auffindung der Sonnenflecken leiteten zu angemessenerem Theorieen.

Durch die Bemerkung, wie rasch die Gestalt der Flecken sich ändert, wurde Galilei naturgemäß zu der Annahme geführt, daß die Sonne von einem feinen elastischen Fluidum umgeben sei. Die Sonnenflecken verglich er wegen ihrer unvollkommenen Dunkelheit mit unseren in jenem Fluidum schwimmenden Wolken. Er sagt: „Wenn die Erde ein selbstleuchtender Körper wäre, so würde sie, von fern gesehen, dieselben Erscheinungen wie die Sonne darbieten. Je nachdem die eine oder die andere Gegend sich hinter einer Wolke befände, würde man bald an der einen bald an der anderen Stelle der scheinbaren Erdscheibe Flecken wahrnehmen; dabei würde die größere oder geringere

Undurchsichtigkeit der Wolke eine größere oder geringere Schwächung des Erdlichtes herbeiführen. Zu gewissen Zeiten würde es wenige Flecken geben; zu anderen würde eine große Anzahl sichtbar sein; einige würden sich zusammenziehen, andere dagegen sich weiter ausdehnen; zugleich müßten diese Flecken, vorausgesetzt daß unsere Erde nicht unbeweglich wäre, an der Umdrehung um ihre Axe theilnehmen, und da sie im Vergleiche zu ihrer Breite eine nur äußerst geringe Tiefe besäßen, so müßte bei der Annäherung an den Rand ihr Durchmesser ersichtlich abnehmen."

Scheiner umgab die Sonne mit einem Feueroceane, der seine ungestümen Bewegungen, seine Abgründe, Klippen und Brandungen besitzen sollte.

Hevel fügte hierzu eine Atmosphäre, welche in ähnlicher Weise wie die Atmosphäre unserer Erde partiellen Erzeugungen und Vernichtungen ausgesetzt wäre.

Huygens fand nur zwei Annahmen möglich rücksichtlich der Beschaffenheit des leuchtenden Theiles der Sonne; nach ihm konnte eine Ungewißheit nur über die Frage stattfinden, ob die Sonne fest oder flüssig sei. Er selbst neigte übrigens der Ansicht zu, daß sie aus einer flüssigen Masse bestehe (Kosmotheoros).

Bis hierher habe ich nur ganz unbestimmte Erklärungen anführen können. Die Theoretiker schienen gar nicht an alle Einzelheiten des Phänomens gedacht zu haben. Was ist der Grund, daß zuweilen schwarze Flecken an der Oberfläche der Sonne sichtbar werden? Dies war fast die einzige Frage, deren Lösung sie sich zur Aufgabe gemacht hatten. Von jetzt an dagegen werden wir vollständigere Theorieen finden, bei denen die Halbschatten und die Sonnenfackeln aller Art nicht mehr übersehen werden; an die Erklärung dieser Erscheinungen knüpfen sich von jetzt an die Speculationen der Astronomen. Unter diesen nehmen die Ideen von Alexander Wilson durch ihre Entstehungszeit, und wie ich hinzufügen darf durch ihre Neuheit den ersten Rang ein.

Im Jahre 1774 (?) bewies der scharfsinnige Beobachter aus Glasgow vermittelst gewisser bereits oben erwähnten Beobachtungen*),

---

*) Siehe das 14. Kap. S. 118.

daß die Flecken Aushöhlungen sind, von denen der sogenannte Kern den Boden bildet. Dies leitete ihn zu der Annahme, daß die Sonne aus zwei Theilen von sehr verschiedener Beschaffenheit zusammengesetzt sei. Die eigentliche Masse des Himmelskörpers wurde für Wilson ein fester, nicht leuchtender dunkler Körper. Diese große Masse war dann mit einer dünnen Schicht leuchtender Materie umgeben, von welcher alle erleuchtenden und belebenden Eigenschaften der Sonne ihren Ursprung hatten.

Bei dieser Hypothese erklärte Wilson das Erscheinen der Sonnenflecken durch die Annahme, daß ein elastisches, in dem dunklen Kerne der Sonne erzeugtes Fluidum durch die leuchtende Materie hindurch emporsteige, und dieselbe nach allen Seiten auseinander treibe und zurückstoße, so daß ein Theil der inneren dunklen Masse sichtbar werde. Die Ränder oder Abhänge der Vertiefung bildeten alsdann den Halbschatten.

Wilson macht hierauf vergebliche Versuche, die verschiedenen Erscheinungen der Sonnenflecken mit der Voraussetzung einer leuchtenden bis zu einem gewissen Grade flüssigen Umhüllung in Einklang zu bringen, und erklärt entmuthigt, er habe sich zuweilen der Vorstellung hingegeben, daß diese leuchtende Hülle der Sonne hinsichtlich ihrer Consistenz mit einem dichten Nebel vergleichbar sein müsse.

Hiernach konnte er in ganz genügender Weise Rechenschaft über das Verschwinden der Kerne durch Zusammenfließen ihrer Ränder, über das Zurückbleiben des Halbschattens nach diesem Verschwinden, u. s. w. geben. Mit einer gewiß seltenen Freimüthigkeit gestand er, daß er über die Natur der Sonnenfackeln durchaus Nichts wisse. Man könnte hinzufügen, daß wenn man die Abhänge der Vertiefungen als die Ursache der Höfe betrachtet, kein Grund vorhanden ist, weßhalb diese Höfe gerade in der Nähe der Kerne heller erscheinen als an den übrigen Stellen.

Ein zu Berlin im Jahre 1776 von der Gesellschaft der naturforschenden Freunde herausgegebener Band enthält eine Abhandlung von Bode, in welcher die Ideen Wilson's mit einigen wichtigen Veränderungen reproducirt werden [44]. Der deutsche Astronom macht die Sonne zu einem dunklen Körper wie unsere Erde, zum Theil fest, zum

Theil mit Flüssigkeit bedeckt, abwechselnd mit Berg und Thal besetzt, endlich von einer Dunstatmosphäre und einer Lichtatmosphäre umhüllt. Die erste Atmosphäre verhindert, daß die zweite (leuchtende) den festen Körper der Sonne berührt.

Wenn infolge irgend einer Bewegung, fährt Bode fort, ein Zerreißen der Lichtatmosphäre eintritt, so wird der feste Kern der Sonne sichtbar, der im Vergleiche zu dem lebhaften Glanze, welcher ihn umgibt, zwar stets sehr dunkel, aber doch in größerem oder geringerem Maaße erscheint, je nachdem der auf diese Weise entblößte Theil aus einem weiten Meere, einem engen Thale oder einer einförmigen und mit Sand bedeckten Ebene besteht.

Der Nebel oder Halbschatten, welcher die Flecken häufig einfaßt, sagt der berliner Astronom weiter, rührt davon her, daß die leuchtende Atmosphäre nur in der Mitte vollständig zerrissen ist. Von dieser Mitte an ist auf eine gewisse Strecke hin nur die Dicke der leuchtenden Atmosphäre verringert. Der Nebel kann demnach auch allein vorhanden sein, oder nach dem Verschwinden des dunkeln Fleckens sichtbar bleiben.

Die Erklärung der Sonnenfackeln findet der Verfasser, indem er der Lichtatmosphäre der Sonne eine unregelmäßige Gestalt beilegt, die an einigen Stellen mehr oder weniger hervorrage, an anderen mehr oder weniger zurücktrete. Ebenso, sagt er, wie wir die Wellen der See aus der Luft, senkrecht herunter betrachtet, nicht so bemerken würden, als wenn wir vom Ufer aus über die Oberfläche des Wassers auf dieselben hinsehen. Dies ist zugleich der Grund, weßhalb die Sonnenfackeln in der Regel zu verschwinden scheinen, wenn sie vom Rande nach dem Mittelpunkte fortrücken.

Ich breche hier ab, denn sicherlich wäre es überflüssig, an diesem Orte die Betrachtungen zu wiederholen, in denen sich Bode über die Glückseligkeit der Sonnenbewohner umständlich ergeht. Von unaufhörlichem Lichte umleuchtet, und mild erwärmt durch die aus der vereinten Wirkung der Lichthülle und der gröberen unter derselben ausgebreiteten Dunstatmosphäre hervorgehenden Wärmestrahlen, bewundern sie das Schauspiel der Schöpfung durch jene Oeffnungen, welche wir von der Erde aus für Anhäufungen schwarzer Schlacken halten, u. s. w.

Während der letzten zwanzig Jahre des achtzehnten Jahrhunderts haben sich wenige Astronomen in gründlicher Weise oder auch nur vorübergehend mit der physischen Constitution der Sonne beschäftigt, ohne auf die Vorstellung zu kommen, daß das Licht einer leuchtenden Atmosphäre entströme.

In einer Abhandlung von Michell aus dem Jahre 1783 finde ich zum Beispiel folgende sehr deutlich abgefaßte Stelle: „Die außerordentliche und allgemein verbreitete Helligkeit der Sonnenoberfläche rührt vermuthlich von einer in allen ihren Theilen leuchtenden Atmosphäre her, welche zugleich eine gewisse Durchsichtigkeit besitzt. Aus dieser Beschaffenheit würde hervorgehen, daß das Auge Strahlen empfängt, welche aus einer großen Tiefe kommen."

Ich füge hinzu, daß in einem zu Erfurt im Jahre 1789 (?) erschienenen Werke Schröter's die Worte stehen: „Es kann keinem Zweifel unterliegen, daß die Sonne eine Atmosphäre besitzt, in der zufällige Verdichtungen eintreten, welche uns als dunkle Wolken erscheinen."

So den Lauf der Jahrhunderte verfolgend, sind wir bis zu William Herschel gelangt, und finden immer annehmbarere Ansichten über die Beschaffenheit unseres Centralkörpers.

In einer 1795 geschriebenen Abhandlung erklärt dieser große Astronom, er sei überzeugt, daß die Substanz, durch deren Vermittelung die Sonne leuchte, weder flüssig sein noch aus einem elastischen Fluidum bestehen könne. „Denn," sagt er, „in diesem Falle würden die Vertiefungen der Flecken und die wellenförmigen Unebenheiten der marmorirten Oberfläche bald ausgefüllt sein."

Demnach muß die Substanz, welcher die Sonne ihren lebhaften Glanz verdankt, Aehnlichkeit mit unseren Wolken haben, und in der durchscheinenden Atmosphäre dieses Himmelskörpers schwimmen.

Die Flecken entstehen nach Herschel, den Vorstellungen von Wilson und Bode gemäß, wenn infolge einer beliebigen Ursache die wolkige und leuchtende Umhüllung der Sonne zerreißt, und durch die Oeffnung den inneren dunklen Sonnenkörper erblicken läßt; ebenso wie vom Monde aus ein Beobachter die feste Oberfläche der Erde wahr-

nehmen würde, sobald die Zwischenräume der Wolken unter sich den Durchblick durch unsere Atmosphäre gestatten.

Zwischen den dunklen Kern der Sonne und die äußere Hülle der phosphorescirenden Wolken setzte Herrschel eine dichtere atmosphärische Schicht, welche in viel geringerem Grade oder überhaupt nur durch Reflexion leuchten sollte. Zum Entstehen eines Sonnenfleckens war folglich nöthig, daß in den beiden übereinander liegenden Atmosphären correspondirende Oeffnungen sich bildeten. Wenn vermöge der relativen Größe dieser Oeffnungen der dunkle Körper der Sonne allein sichtbar wurde, so entstand ein Kernflecken ohne Hof. Gelangten außerdem noch auf eine gewisse Entfernung hin Strahlen von der inneren das Licht zurückwerfenden Atmosphäre in das Auge, so erschien der Kern von einem Hofe von nahezu gleichförmiger Helligkeit auf seine ganze Ausdehnung hin umgeben. War endlich in der leuchtenden Hülle allein eine Oeffnung vorhanden, so zeigte sich ein Halbschatten ohne Kernflecken.

Herschel erkannte, daß die beiden Atmosphären ganz unabhängig von einander sich müßten bewegen können; jedoch war er nicht im Stande, sich auf eine bestimmte und definitive Weise über die Frage zu erklären, ob sie in unmittelbarer Berührung stehen, oder ob sie durch einen gewissen Zwischenraum von einander getrennt sind.

Nachdem aus den Resultaten der Sonnenbeobachtungen die Folgerungen abgeleitet waren, welche natürlicher Weise daraus hervorzugehen schienen, ging Herschel einen Schritt weiter, und untersuchte auf hypothetischem Wege die physischen Ursachen, welche die Entstehung und die Veränderung der Flecken hervorzurufen vermögen.

Nach den Ansichten dieses großen Astronomen wird auf der Oberfläche des dunklen Sonnenkörpers fortwährend ein elastisches Fluidum von unbekannter Natur erzeugt, und steigt seines schwachen specifischen Gewichts halber in die höheren Regionen der Sonnenatmosphäre empor. Wo diese Gassubstanz in geringer Menge vorhanden ist, entstehen in der oberen Schicht der leuchtenden Wolken kleine Oeffnungen: dies sind die Poren.

Beim Eindringen in die Region der Lichtwolken verbrennt jenes Gas oder verbindet sich mit anderen Gasen. Das infolge dieser

chemischen Wirkung erzeugte Licht ist nicht überall gleich lebhaft; daraus entstehen die Furchen.

Die Lichtwolken berühren einander nicht vollkommen, und die übrigbleibenden Zwischenräume gestatten die Wolken der inneren Atmosphäre vermöge der an ihrer Oberfläche stattfindenden Reflexion wahrzunehmen. Da diese Lichtzurückstrahlung vergleichungsweise schwach ist, so muß die Sonne an den betreffenden Stellen weniger glänzend erscheinen. Durch die Vermischung dieses schwachen reflectirten Lichtes mit dem lebhaften, von den erhabenen Theilen der Furchen ausgehenden Glanze, muß die Sonne ein marmorirtes Aussehen erhalten, so lange man nicht eine sehr starke Vergrößerung anwendet.

Wo aufsteigende Gasströmungen von größerer Intensität als die Strömungen, welche die einfachen Poren erzeugen, stattfinden, sind weite Oeffnungen die Folge davon. Wenn die leuchtenden Wolken dem Impulse der sie auseinander treibenden Kraft nicht unmittelbar nachgeben, so entsteht eine Anhäufung in der Nähe der Oeffnung; daraus erklärt sich die Bildung der länglichen Sonnenfackeln.

Die stärksten aufsteigenden Strömungen zertheilen auf eine große Strecke hin die zusammenhängende Umhüllung, welche die unteren Wolken bilden; bei ihrem weiteren Aufsteigen zwischen den beiden Schichten werden sie divergiren und in der leuchtenden Atmosphäre eine Oeffnung von noch größerer Ausdehnung zu Wege bringen. In der Nähe dieser Aushöhlung werden gewisse Theile des aufsteigenden Gasstromes der Verbrennung neue Nahrung zuführen. Alle diese Vorgänge erzeugen dann Kernflecken, Halbschatten und Sonnenfackeln.

William Herschel scheint sich der Ansicht zuzuneigen, daß die unbekannte Ursache des Leuchtens der Photosphäre der Sonne dem Processe analog ist, infolge dessen die im Norden gelegenen Theile unserer Atmosphäre zur Zeit eines Nordlichtes in Flammen zu stehen scheinen. Auf diese Weise fände auf der ganzen Sonnenoberfläche ein permanentes Nordlicht statt[45]).

Man sieht aus dem Vorstehenden, in welchen Punkten die Herschel'sche Theorie die früheren Vorstellungen von Wilson, Bode und Michell modificirt hat.

Vielleicht ist es mir am Schlusse dieser historischen Uebersicht er-

laubt, an die Experimente über Polarisation und Ausstrahlungsvermögen der Flammen zu erinnern*), welche die Wahrscheinlichkeit der Folgerungen, die eine vorurtheilsfreie Prüfung der Thatsachen bereits ergeben hatte, mir in nicht geringem Grade zu erhöhen scheinen.

Zwanzigstes Kapitel.

Sind die Kerne der Sonnenflecken so schwarz, als sie zu sein scheinen?

Zur Erlangung einer genauen Kenntniß von der physischen Beschaffenheit der Sonne ist Nichts wichtiger, als die Untersuchung, ob die Kerne der Sonnenflecken so dunkel, so schwarz sind, als sie erscheinen. Galilei und Herschel haben beide diese Frage behandelt. Ich werde ihre Resultate in kurzen Worten mittheilen, und mit verschiedenen Einwänden begleiten, welche mir nicht ohne ein gewisses Gewicht scheinen.

Galilei drückte sich im Jahre 1612 folgendermaßen aus:

„Nach meiner Schätzung sind die auf der Sonne wahrgenommenen Flecken nicht nur weniger dunkel als die matten Flecken, welche man auf der Mondscheibe bemerkt, sondern sie sind sogar nicht weniger hell als die glänzendsten Theile des Mondes in dem Augenblicke, wo ihn die Sonne am vollsten beleuchtet. Zu dieser Annahme leitet mich folgende Ueberlegung: die Venus ist trotz ihres außerordentlichen Glanzes bei Sonnenuntergange nicht sichtbar, wofern sie nicht mehrere Grade von der Sonne entfernt steht, und dasselbe würde in noch stärkerem Maaße der Fall sein, wenn sich beide Himmelskörper in beträchtlicher Höhe über dem Horizonte befänden. Die Ursache ist darin zu suchen, daß die Theilchen der Atmosphäre in der Nähe der Sonne nicht weniger glänzend sind, als die Venus selbst, woraus wir schließen dürfen, daß wenn wir den Mond selbst mit dem Lichte des

---

*) Siehe oben im 6. Kapitel, S. 92, und im 7. Kapitel, S. 96.

Vollmondes neben die Sonne versetzen könnten, er dennoch vollkommen unsichtbar sein würde, weil das Feld, auf dem er alsdann stände, nicht minder hell und strahlend wäre, als seine eigene Oberfläche. Wenn wir die Sonne durch ein Fernrohr betrachten, dürfen wir nicht vergessen, daß ihre Scheibe uns weit glänzender erscheint, als der sie umgebende Theil des Gesichtsfeldes. Vergleichen wir nun das Schwarz der Sonnenflecken einerseits mit dem Lichte der Sonne selber, und andererseits mit der umgebenden Dunkelheit, so wird sich durch die eine und die andere Vergleichung ergeben, daß die Sonnenflecken nicht dunkler sind, als der die Sonnenscheibe umschließende Raum. Wenn aber die Dunkelheit der Sonnenflecken nicht größer ist als die des Himmels am Rande der Sonne; wenn ferner der Mond bei seiner vollen Helligkeit in dem Glanze dieses nämlichen Gesichtsfeldes verschwinden würde: so ergibt sich daraus mit Nothwendigkeit, daß die Sonnenflecken keine geringere Helligkeit als die glänzendsten Theile des Mondes besitzen können, obgleich sie uns schwarz und dunkel erscheinen, aus dem einzigen Grunde, weil sie auf der in so hohem Grade strahlenden Fläche der Sonnenscheibe gesehen werden. Wenn also die Flecken der Sonne den hellsten Stellen der Mondoberfläche an Glanz nicht nachstehen, wie müssen sie sich dann im Vergleiche zu den dunkelsten Flecken auf dem Monde verhalten?"

Gehen wir die angeführte Stelle Zeile für Zeile durch:

Das Licht der Venus verschwindet in dem Glanze derjenigen Stellen des Himmels, welche sich in der unmittelbaren Nähe der Sonne befinden; woraus zu schließen, sagt Galilei, daß diese Stellen nicht weniger intensiv leuchten, als das Licht, welches von dem Planeten in unser Auge gelangt.

Sofern sie richtig ist, würde die angezogene Beobachtung noch weit mehr beweisen, als Galilei daraus ableitet.

Es ist durch Versuche hinreichend dargethan, daß selbst ein ganz ungeübtes Auge ohne Schwierigkeit eine Lichtvermehrung von einem Dreißigstel wahrnimmt; wenn aber das eine Licht eine gewisse Geschwindigkeit in Bezug auf das damit zu vergleichende erhält, so wer-

den dem Auge selbst Helligkeitsunterschiede von $1/_{64}$ bemerklich*). An denjenigen Stellen in der Umgebung der Sonne also, wo die Gegenwart der Venus das der Erde nähere Licht unserer Atmosphäre nur um den dreißigsten Theil steigert, würde der Beobachter einen leuchtenden Flecken von der Gestalt und der Größe jenes Planeten wahrnehmen. Die in den oben citirten Worten Galilei's enthaltene Schlußfolgerung würde folglich zu einem weit auffallenderen Resultate führen, als wobei Galilei stehen blieb: daß nämlich die Kerne der Sonnenflecken, trotz ihrer anscheinenden Schwärze, mindestens dreißig Mal stärker leuchten, als Venus.

Das Verschwinden der Venus in der Nähe der Sonne wird zu der Schlußweise Galilei's und der eben gemachten Anwendung auf genauere photometrische Resultate nur in dem Falle berechtigen, wo der Beobachter Sorge getragen hat, sich dem blendenden Einflusse aller seitlichen Strahlen zu entziehen. Dazu ist aber die Bedingung unerläßlich, daß das Licht nur von einem sehr beschränkten Theile der Atmosphäre in der Richtung des Planeten in das Auge oder zum Objective des Fernrohrs gelange. Wenn man diese Vorsicht beobachtet, so ergibt sich freilich, daß die Venus selbst in sehr großer Nähe der Sonne n i c h t verschwindet.

Ich will nicht näher auf die Vergleichung eingehen, welche Galilei zwischen der Dunkelheit eines kleinen schwarzen Fleckens auf dem hellen Grunde der Sonnenscheibe, und der Dunkelheit des Theiles der Atmosphäre, welcher entfernt vom Flecken im Gesichtsfelde des Fernrohrs die Sonne umgibt, angestellt hat. Denn wozu sollte ich die Schwierigkeiten einer derartigen Vergleichung ausführlicher hervorheben, wenn ich sagen kann: als Galilei behauptete, daß die Sonnenflecken nicht dunkler sind und erscheinen, als die umliegenden Theile des Himmels, hat er damit in der That nur etwas von selbst Verständliches ausgesprochen, eine nothwendige Wahrheit, welche weder in irgend einer Weise bewiesen, noch durch die geringste Beobachtung gestützt zu werden braucht. Diese Behauptung zu rechtfertigen liegt mir

---

*) Siehe das 4. Kapitel im 5. Buche im 1. Bande der Astronomie, S. 169.

um so mehr ob, als Galilei nicht der Einzige ist, welcher sich in einem ähnlichen Irrthume befunden hat.

Zwischen der Sonne und dem Beobachter befindet sich, sehr nahe dem Letzteren, die Atmosphäre der Erde. Dieselbe erreicht nur eine sehr beschränkte Höhe, und reflectirt einen beträchtlichen Theil des Sonnenlichtes nach der Erde. Jedermann weiß, daß dieses secundäre, von der Atmosphäre zurückgestrahlte Licht sehr rasch zunimmt, je mehr man sich dem Rande der Sonne nähert. Ohne Frage muß diese Zunahme fortwährend auch in dem Theile der Atmosphäre stattfinden, welcher genau zwischen der Sonne und dem Beschauer liegt, und sich also auf den Körper dieses Gestirnes selbst projicirt.

Wenn wir die Sonne mit unbewaffnetem Auge oder durch das Fernrohr ansehen, welche Strahlen tragen zur Erzeugung des Sonnenbildes bei? Zunächst jedenfalls die direct von der Sonne kommenden Lichtstrahlen; andererseits aber auch das von allen den Theilen der Erdatmosphäre reflectirte Licht, welche die vom Orte des Beobachters nach allen Punkten des Umfanges der Sonnenscheibe gezogenen Gesichtslinien einschließen. Diese beiden Lichtgattungen sind innig mit einander vermischt, und die Brechung in den Flüssigkeiten des Auges oder in den Linsen des Fernrohrs vermag dieselben nicht zu trennen. In keinem Falle kann ein Flecken, selbst wenn er vollkommen schwarz ist, so erscheinen; denn sein dunkles Bild wird überdeckt oder erhellt durch das Bild der entsprechenden, sehr glänzenden Schicht der davor liegenden Atmosphäre. Ein kreisförmiger Flecken von einer Minute im Durchmesser wird mindestens ebenso hell erscheinen, als eine Oeffnung von einer Minute, angebracht in einer schwarzen Blendung jenseits der Grenzen unserer Atmosphäre, und an einer der Sonne sehr nahe gelegenen Stelle.

Man darf also behaupten, daß alle Kernflecken, wie schwarz sie auch auf dem Grunde der Sonnenscheibe erscheinen mögen, durch die Intensität ihres Lichtes Jeden, der sie für sich allein erblicken würde, blenden müßten. Hoffentlich ist es mir gelungen, die Richtigkeit dieser Thatsache darzuthun, ohne daß ich mich auf das Resultat von Versuchen oder Beobachtungen irgend welcher Art zu berufen brauche. Dagegen wird eine solche Schlußweise nicht mehr ausreichen, sobald man

die Frage beantworten will, ob vom Kerne selbst keine Strahlen ausgehen, welche in dem Lichte, unter dem er uns erscheint, enthalten sind: mit anderen Worten, ob das reflectirte Licht der Atmosphäre dabei allein gesehen wird; um dieß zu entscheiden, sind sehr sorgfältige und feine Untersuchungen unerläßlich.

Einer meiner gelehrten Freunde, welchem ich die obige Darstellung vorlas, um seine Meinung darüber zu hören, machte die Bemerkung, daß der Zusammenhang der Betrachtungen, auf die ich mich gestützt, für einen Laien nicht leicht zu fassen sei. Dieß bewog mich zu überlegen, ob es nicht möglich sei auf einem einfacheren Wege zu demselben Ziele zu gelangen, oder wenigstens eine für diejenigen leichter verständliche Schlußweise zu wählen, denen die naturwissenschaftlichen Studien ferner liegen. Dabei könnte man etwa wie folgt verfahren.

Bei einem beliebig auf den Himmel gerichteten Fernrohre erscheint das Gesichtsfeld, wie Jedermann bekannt, in seiner ganzen Ausdehnung gleichförmig erhellt; das Licht, welches in das Auge fällt, gibt das Bild desjenigen Theiles der Atmosphäre, welchen die Gesichtslinie des Fernrohrs trifft; ist der Gegenstand unbegrenzt, so muß das Bild gleichfalls unbegrenzt sein, und sich bis zur Grenze des Gesichtsfeldes selbst erstrecken.

Am Tage erzeugt folglich die Atmosphäre unvermeidlicher Weise eine Art Vorhang, einen Lichtschleier in der ganzen Ausdehnung des Gesichtsfeldes, gleichviel welche Gegend des Himmels man mit dem Fernrohre betrachten mag. Sobald nun diese Gegend ein entferntes Gestirn enthält, wird das teleskopische Bild desselben auf dem unbegrenzten teleskopischen Bilde der Atmosphäre sich abzeichnen, mit anderen Worten, von dem erwähnten Lichtschleier überdeckt werden. Da also das Licht des Sternes und das des atmosphärischen Schleiers sich beide vermischen, so müssen die glänzenden Stellen vom Bilde des Himmelskörpers noch lebhafter erscheinen, als sie in der That sind; die dunklen Stellen werden hell; die ganz schwarzen Flecken endlich scheinen in einem Lichte zu strahlen, welches dem des atmosphärischen Bildes gleich ist. Was ich aber von einem beliebigen Himmelskörper sagte, muß in gleicher Weise von der Sonne gelten. Denn gewiß kann es keinem Zweifel unterliegen, daß der Theil der Atmosphäre, welcher sich genau

in der Richtung der Sonnenscheibe befindet, im Fernrohre ganz ebenso sein Bild haben muß, als die Theile, welche den Sonnenrand zu umgeben scheinen.

Einundzwanzigstes Kapitel.

Vergleichung des Lichtes der Sterne mit dem Lichte der Sonne.

Die Schwierigkeiten, welche sich darbieten, wenn man das Licht der Sterne mit dem der Sonne zu vergleichen unternimmt, entspringen großentheils aus dem ungeheuren Unterschiede, der zwischen beiden stattfindet.

Zum leichteren Verständniß der folgenden Auseinandersetzung sei daran erinnert, daß die Intensität des von einem Körper nach allen Richtungen hin ausgestrahlten Lichtes im umgekehrten Verhältnisse des Quadrates der Entfernung abnimmt, d. h. es erscheint viermal, neunmal, sechszehnmal . . . schwächer, wenn man die Entfernung auf das Doppelte, das Dreifache, das Vierfache . . . steigert.

Der erste Beobachter, der so viel ich weiß das Verhältniß zu bestimmen suchte, in welchem das Licht eines Sternes zu dem Lichte der Sonne steht, war Huygens.

Wie im Kosmotheoros auseinandergesetzt wird, schlug dieser große Geometer folgenden Weg ein [46]).

Um zunächst den Durchmesser der Sonne so weit zu verkleinern, daß nicht mehr Licht von derselben in das Auge gelangte, als vom Sirius, verschloß Huygens die eine Oeffnung einer zwölf Fuß langen Röhre mit einer sehr dünnen Platte. In der Mitte dieser Platte brachte er ein feines Loch an, dessen Durchmesser den zwölften Theil einer Linie nicht überstieg. Richtete man alsdann diejenige Seite der Röhre nach der Sonne, welche durch die kleine Platte verschlossen war, und blickte am anderen Ende mit dem Auge hinein, so blieb von der Sonnenscheibe ein kreisrundes Stückchen sichtbar, dessen Durchmesser zum ganzen Sonnendurchmesser sich wie 1 zu 182 verhielt. Huygens fand, daß diese kleine Scheibe viel glänzender war, als der Sirius uns bei Nacht erscheint.

Der Durchmesser des Sonnenbildes mußte folglich noch weiter verringert werden, zu welchem Zwecke sich Huygens einer kleinen gläsernen Linse bediente; allein dieser Theil seines Versuches ist nicht mit hinreichender Genauigkeit beschrieben. Folgendes sind die eigenen Worte des Verfassers*):

„Vor der durchbohrten Platte brachte ich ein sehr kleines Glaskügelchen (vitreum globulum) an, von etwa gleichem Durchmesser mit der feinen Oeffnung, welches mir früher bei mikroskopischen Beobachtungen gedient hatte. Mit dieser Vorrichtung sah ich nach der Sonne, indem ich den Kopf von allen Seiten zudeckte, um zu vermeiden, daß das Tageslicht einen nachtheiligen Einfluß ausübte. Ihr Glanz schien mir alsdann nicht geringer zu sein, als das Licht des Sirius; gleichzeitig ergab die nach den Grundsätzen der Dioptrik angestellte Berechnung, daß der Durchmesser des Sonnenbildes nunmehr den 152sten Theil jenes kleinen vorher beobachteten Stückchens von $^1/_{182}$, d. i. $^1/_{27664}$ der ganzen Sonnenbreite betrug. Wenn man also die Sonne bis zu diesem Maaße verkleinert (oder, was in Bezug auf den Lichteffect auf dasselbe hinausläuft, ebenso weit entfernt), so behält sie noch Licht genug, um an Helligkeit dem Sirius nicht nachzustehen."

Denkt man sich aber die Entfernung der Sonne von der Erde auf ihren 27664fachen Betrag erhöht, so empfängt die Erde eine 27664 mal 27664, oder eine 765296896 Mal schwächere Erleuchtung, als bei der gegenwärtigen Stellung der Sonne. Es würden demnach 765 Millionen Sterne von der Helligkeit des Sirius erforderlich sein, um einen dem Sonnenlichte gleichen Glanz auszustrahlen.

Michell hat in ähnlicher Weise das Licht der Sonne zu schätzen versucht, indem er sich zur Erlangung seines Zweckes nachfolgender Methode bediente.

Wir wollen annehmen, der Planet Saturn sende bei seinem mittleren Abstande von der Sonne ebenso viel Licht auf die Erde, als die Mehrzahl der Sterne erster Größe, selbst wenn die schmale Seite

*) Aus dessen Kosmotheoros übersetzt.

seines Ringes uns zugekehrt ist, so daß letzterer von der Erde aus nicht gesehen werden kann.

Die Entfernung des Saturns von der Sonne beträgt ungefähr das 2082fache des Sonnenhalbmessers; in diesem Abstande ist folglich das Licht der Sonne in dem Verhältnisse von $(2082)^2 : 1^2$, oder was dasselbe ist, von 4334724 zu 1 schwächer, als auf der Sonnenoberfläche selber. Jedes Oberflächenelement des Planeten würde also 4 Millionen Mal weniger leuchtend erscheinen, als ein Oberflächenelement der Sonne, selbst unter der Voraussetzung, daß alles Licht, welches der Saturn empfängt, von seiner Masse wieder zurückgestrahlt würde.

Um zu ermitteln, in welchem Verhältnisse zwei Kugeln von gleicher Helligkeit, aber bei verschiedenem Abstande, einen entfernten Gegenstand beleuchten, genügt die Vergleichung ihrer scheinbaren Größe, d. h. des Inhaltes der Kreise, als welche sie von dem beleuchteten Gegenstande aus gesehen erscheinen. Wenn die Entfernungen der beiden Kugeln gleich sind, so ist die Behauptung von selbst klar, ihre Richtigkeit wird aber auch für den Fall der ungleichen Entfernungen einleuchten, wenn man erwägt, daß zufolge eines wohlbekannten photometrischen Grundsatzes der Raum, welchen zum Beispiel eine Minute im Quadrat einnimmt, für einen sich entfernenden Gegenstand stets von gleicher Helligkeit bleibt, woraus folgt, daß die ganze Erleuchtung genau der Anzahl der Quadratminuten proportional sein muß, welche die scheinbare Oberfläche enthält.

Dieß vorausgesetzt braucht man nur zu wissen, daß der scheinbare Durchmesser des Saturns, zur Zeit seiner Opposition, d. h. wenn die Erde zwischen der Sonne und dem Planeten steht, höchstens den 105ten Theil des Sonnendurchmessers beträgt, um daraus zu schließen, daß wenn beide Himmelskörper gleiche Lichtstärke besäßen, sie von der Erde aus gesehen in dem Verhältnisse von Eins zum Quadrat von 105, d. i. von 1 : 11025 leuchtend erscheinen müßten; multiplicirt man nun diese Verhältnißzahlen mit den anderen von 1 zu 4334724, welche Zahlen, wie oben gezeigt, das gegenseitige Verhältniß der Lichtintensitäten der Oberfläche des Saturns und der Sonne ausdrücken, so ergibt sich schließlich, daß das von diesen beiden Him-

melskörpern zu uns gelangende Licht sich wie 1 zu 48000 Millionen verhält.

Da diese 48000 Millionen etwa dem Quadrate von 220000 gleich sind, so folgt, daß die gegenwärtige Entfernung der Sonne um ihren 220000fachen Betrag vermehrt werden müßte, damit wir von ihr so viel Licht empfingen, als vom Saturn, mit anderen Worten, damit sie wie ein Fixstern erster Größe leuchtete. Aus einer solchen Entfernung würde aber von der Sonne aus gesehen der Durchmesser der Erdbahn unter einem Winkel von noch nicht 2 Secunden erscheinen.

Der vorhergehenden Rechnung liegt die Annahme zu Grunde, daß das gesammte Sonnenlicht, welches die Oberfläche des Saturns trifft, von derselben zurückgestrahlt werde. Aller Wahrscheinlichkeit nach wird jedoch nur der vierte oder sechste Theil des auffallenden Lichtes reflectirt, so daß der oben berechnete Werth noch mit 2 oder $2^1/_2$ zu multipliciren ist, um diejenige Entfernung zu erhalten, in welcher die Sonne als ein Stern erster Größe erscheinen würde. Sie müßte folglich 440000 oder 550000 mal so weit von der Erde entfernt sein, als sie jetzt ist, und dann würde bei diesem Abstande die jährliche Sonnenparallaxe noch nicht eine Bogensecunde betragen.

Wenn die Massen, aus denen Jupiter und Saturn bestehen, beide die gleiche Fähigkeit besitzen, das einfallende Licht zurückzuwerfen, so wird man finden, daß die Lichtmengen, welche von diesen beiden Planeten auf die Erde gesendet werden, wenn sie in Opposition sind, sich wie 22 zu 1 verhalten. Wenn vom Jupiter alles Licht reflectirt würde, welches auf ihn fällt, so müßte die Sonne 46000 mal sich weiter von der Erde entfernen, um gerade eben so hell als der Jupiter zu erscheinen.

Aus dieser Berechnung von John Michell, dessen Abhandlung sich in den Philosophical Transactions aus dem Jahre 1767 befindet, ersieht man, daß wir bei der Voraussetzung, daß die Fixsterne Sonnen sind, die Hoffnung, eines Tages ihre Parallaxe zu bestimmen, nicht aufgeben dürfen; dagegen haben wir dies nicht in Bezug auf ihre Durchmesser zu erwarten, denn letztere könnten im äußersten

Falle unter keinem größeren Winkel als einer Funfzigstel-Secunde gesehen werden *).

Nach Lambert's Ausspruche würde die Sonne bei einer 425000-fachen Entfernung von der Erde noch heller leuchten, als ein Stern erster Größe wie Saturn ohne seinen Ring.

Der Glanz der Sonne verhält sich demnach zu dem Lichte eines Sternes erster Größe wie 180000 Millionen zu Eins.

Lambert's Rechnung (denn das vorstehende Resultat ist ein rein theoretisches) ist auf die Voraussetzung basirt, daß die Masse des Saturns den siebenten Theil des auffallenden Lichtes zurückwirft.

Im Jahrgange 1829 der Philosophical Transactions finden sich Versuche von Wollaston, welche zu einer Schätzung des Verhältnisses des Sonnenlichtes zum Glanze des Sirius führen. Die Beobachtungen sind mittelst der Methode der gleichen Schatten angestellt, indem das Licht eines Kerzenlichtes zur Vergleichung diente. Als Endresultat ergab sich, daß die Sonne 20000 Millionen mal so stark leuchtet, als der Sirius.

Alle diese Resultate nebst den daraus gezogenen Folgerungen über die jährliche Parallaxe enthalten Nichts, was der Ansicht widerspräche, wonach die Fixsterne sehr weit entfernte Sonnen sein sollen. Diese Ansicht übrigens ist bereits von den alten Astronomen angenommen worden.

Heraklit und einige andere Philosophen von der alexandrinischen Schule lehrten, wie Plutarch berichtet, „daß jeder Stern eine eigene Welt darstelle in der Unermeßlichkeit der Himmel, und von einer Erde, von Planeten und einem Himmelsraume umgeben sei."

Keppler drückt sich in seiner Epitome in folgenden Worten über die Analogie aus, die zwischen der Sonne und den Sternen stattfinden kann [47]:

„Es ist möglich, daß die Sonne nichts Anderes ist, als ein Fixstern, der unseren Augen nur wegen seiner Nähe so glänzend erscheint, und daß die übrigen Sterne in gleicher Weise Sonnen sind, von Planetensystemen umgeben."

*) Siehe das 7. Kapitel des 9. Buches im ersten Bande der Astronomie. S. 322.

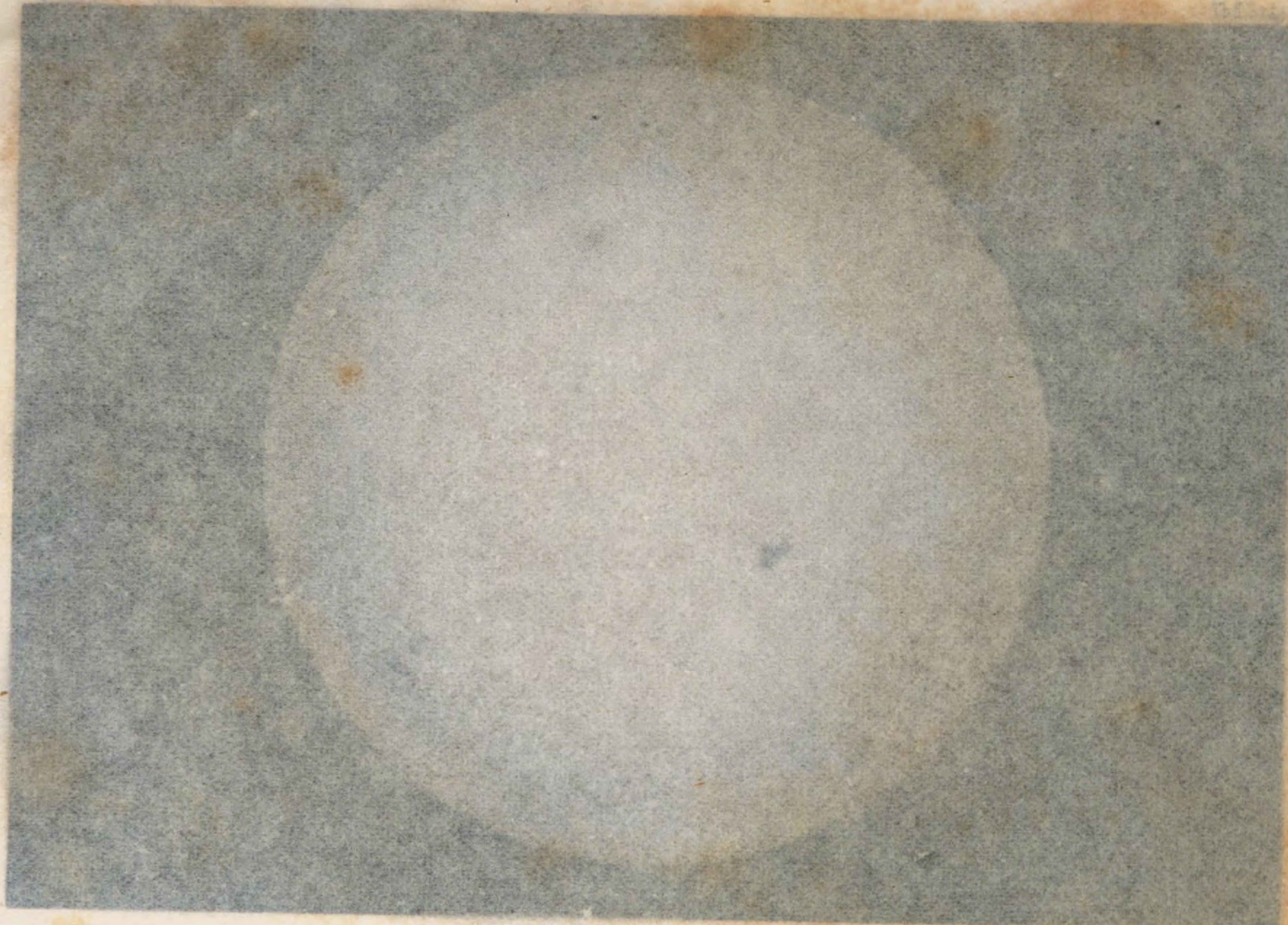


FIG. 163. Photographisches Bild der Sonne, erhalten von Fizeau und Foucault in 1/60 Secunde am 2 April [illegible]

Falle unter keinem größeren Winkel als einer Funfzigstel-Secunde gesehen werden *).

Nach Lambert's Ausspruche würde die Sonne bei einer 425000-fachen Entfernung von der Erde noch heller leuchten, als ein Stern erster Größe wie Saturn ohne seinen Ring.

Der Glanz der Sonne verhält sich demnach zu dem Lichte eines Sternes erster Größe wie [illegible] Millionen zu Eins.

Lambert's Rechnung (denn das vorstehende Resultat ist ein rein [illegible]) ist auf die Voraussetzung basirt, daß die Masse des [illegible] Theil des auffallenden Lichtes zurückwirft.

Im Jahrgange [illegible] der Philosophical Transactions finden sich [illegible] von Wollaston, welche zu einer Schätzung des Verhältnisses [illegible] führen. Die Beobachtungen [illegible] Schatten angestellt, indem das [illegible] diente. Als Endresultat ergab sich, daß die Sonne [illegible] Millionen mal so stark leuchtet, als der Sirius.

Alle diese Resultate nebst den daraus gezogenen Folgerungen über die jährliche Parallaxe enthalten Nichts, was der Ansicht widerspräche, wonach die Fixsterne sehr weit entfernte Sonnen sein sollen. Diese Ansicht übrigens ist bereits von den alten Astronomen angenommen worden.

[illegible] Philosophen von der alexandrinischen Schule [illegible], „daß jeder Stern eine eigene Welt [illegible] Himmel, und von einer Erde, [illegible] umgeben sei.“

[illegible] Epitome in folgenden Worten über [illegible] zwischen der Sonne und den Sternen statt-[illegible]

„[illegible] daß die Sonne nichts Anderes ist, als ein Fixstern, [illegible] nur wegen seiner Nähe so glänzend erscheint, und daß die [illegible] Sterne in gleicher Weise Sonnen sind, von Planetensystemen umgeben.“

*) Siehe das 7. Kapitel des 9. Buches im ersten Bande der Astronomie. S. 322.



Weger sc.

FIG. 163. Photographisches Bild der Sonne, erhalten von Fizeau und Foucault in 1/60 Secunde am 2 April 1845. (9^h 45^m)

Zweiundzwanzigstes Kapitel.

Ueber die Beschaffenheit der leuchtenden Oberfläche der Fixsterne.

Bei aufmerksamer Betrachtung der Sonnenoberfläche hat sich ergeben, daß daselbst sehr rasche und beträchtliche Veränderungen stattfinden, welche die Folgerung nach sich zu ziehen scheinen, daß auf diesem Himmelskörper alle Phänomene des Leuchtens in einer gasförmigen Hülle vorgehen; dasselbe Resultat ist auf eine noch augenfälligere Weise aus den Polarisationserscheinungen abgeleitet worden. Aber diese beiden Untersuchungsmittel lassen uns gänzlich im Stich bei den Fixsternen im Allgemeinen. Die erste Schlußweise ist nur da anwendbar, wo eine merkliche Scheibe sichtbar ist: man weiß aber, daß die Sterne keine angebbaren Durchmesser zeigen, und selbst in unseren besten Fernröhren nur unter der Gestalt einer äußerst zusammengedrängten, mehr oder minder verwischten Lichtmasse erscheinen. Die zweite Methode bleibt gleichfalls resultatlos wegen des scheinbaren Zusammenfallens der von den verschiedenen Punkten der Fixsternscheiben ausgehenden Lichtstrahlen.

Erinnern wir uns, daß wenn die leuchtende Oberfläche der Sonne flüssig wäre, im Polariskope Farben an den Rändern der beiden Bilder hätten entstehen müssen. War der höchste Punkt bei dem einen Bilde roth, so mußte der diametral entgegengesetzte Punkt desselben Bildes gleichfalls roth sein; dagegen zeigten die beiden Endpunkte des horizontalen Durchmessers die Complementärfarbe des Roth, d. i. Grün. Wenn man also die von allen Theilen des Sonnenrandes ausgehenden Strahlen nach ihrer Zerlegung im polarisirenden Fernrohre wieder in einen einzigen Punkt vereinigen wollte, so würde die Mischung weiß sein, selbst unter der Voraussetzung, daß das Licht von einer glühenden Flüssigkeit ausginge.

Es scheint also, daß man darauf verzichten muß, auf Sterne ohne wahrnehmbare Dimensionen das Verfahren anzuwenden, welches uns so gut zum Ziele geführt hat, so lange es sich um die Sonne handelte; dennoch gibt es auch unter diesen Himmelskörpern einige, welche sich

diesen Prüfungsmitteln nicht entziehen: ich meine die veränderlichen Sterne. Betrachten wir zuerst einen Stern, welcher zu gewissen Zeiten vollständig verschwindet, so hat man bis jetzt auf zwei Wegen diese Lichtänderung zu erklären versucht. Der erste Weg beruht auf der Hypothese, daß der Stern nicht an allen Punkten seiner Oberfläche Licht ausstrahle, und einer Rotationsbewegung um sich selber unterworfen sei. Nach dieser Annahme erscheint der Stern glänzend, wenn seine leuchtende Seite der Erde zugekehrt ist, verschwindet dagegen, sobald die dunklen Theile seiner Oberfläche in dieselbe Lage kommen.

Die zweite Hypothese setzt voraus, daß ein dunkler und nicht selbstleuchtender Begleiter den Stern umkreist und denselben periodisch verfinstert.

Mag man sich nun der einen oder der anderen Annahme zuwenden, in beiden Fällen kann das Licht, welches einige Zeit vor dem gänzlichen Verschwinden des Sternes unser Auge trifft, nicht von allen Punkten seines Umfanges ausgehen, und folgeweise eine vollständige Neutralisation der Farbenerscheinungen, von denen eben die Rede gewesen, nicht mehr eintreten.

Wenn also ein veränderlicher Stern, durch das polarisirende Fernrohr gesehen, in allen seinen Phasen vollkommen weiß bleibt, so kann man behaupten, daß seine äußeren oder leuchtenden Theile nicht flüssig sind, sondern daß das Licht von einer unseren Wolken oder unseren Leuchtgasen vergleichbaren Substanz ausgeht.

Dies ist in der That das Ergebniß der kleinen Anzahl von Beobachtungen, welche bis jetzt angestellt worden, und deren Vervollständigung sehr wünschenswerth ist. Wenn es sich nun weiter um solche Sterne handelt, deren Glanz nur theilweisen Veränderungen unterworfen ist, und man sucht dasselbe Prüfungsmittel anzuwenden, so wird zwar eine größere Sorgfalt erforderlich, allein das Princip der Untersuchung behält seine Geltung.

Die Folgerung, zu welcher die Beobachtungen der veränderlichen Sterne uns führen, läßt sich nach meinem Dafürhalten ohne Bedenken allgemein aussprechen, so daß wir sagen können: die physische Con-

stitution der Photosphären ist bei den Millionen Sternen, mit denen das Firmament übersäet ist, identisch mit der physischen Constitution der Photosphäre unserer Sonne.

Dreiundzwanzigstes Kapitel.

Vergleichung der Lichtintensität an verschiedenen Punkten der Sonnenscheibe.

Ueber die Frage, ob die Sonne am Rande in demselben Maaße leuchtet, als in der Mitte, sind sehr verschiedene Ansichten aufgestellt worden; aber so groß ist die Schwierigkeit des Gegenstandes, daß nach drittehalb Jahrhunderten fortgesetzter Beobachtungen und Messungen noch keine Einigung erzielt worden ist.

Galilei schreibt in einem Briefe an den Fürsten Cesi (siehe die vortreffliche Ausgabe der Werke des gefeierten Astronomen, welche Alberi aus Florenz veranstaltet hat, S. 198 des 6. Bandes): „das Bild der Sonne, wie es sich mit Hülfe eines Fernrohrs auf einen Papierschirm projicirt, erscheint an allen Punkten gleich hell. Ich halte diese Beobachtung für unbestreitbar.“

Huygens hielt die Sonne für flüssig, und leitete diese Folgerung aus der gleichen Lichtintensität an allen Punkten der Sonnenscheibe ab.

Wie es scheint war Bouguer der Erste, welcher die Frage auf experimentellem Wege erörtert hat. Nachdem er ausgesprochen, daß in einem stark vergrößernden Fernrohre das Bild der Sonne „wie eine ebene Oberfläche erscheint, deren Glanz sozusagen überall der nämliche ist“, fügt er hinzu, daß diese Erscheinung auf einer Täuschung beruhen könne, indem das Auge, um den Rand mit dem Mittelpunkte zu vergleichen, successive über Punkte hinwegschweift, deren Intensität sich stetig, also in unmerklichen Unterschieden ändert. Er erklärt hierauf, freilich auf sehr unvollkommene Weise, wie er diesem Uebelstande durch die Anwendung des Heliometers zu begegnen gesucht, eines Instrumentes, dessen Erfindung ihm zu verdanken ist*).

---

*) Siehe oben das 2. Kapitel S. 53.

Ich vermuthe, daß sich Bouguer zu Erreichung des angegebenen Zweckes des Kunstgriffes bedient hat, mittelst passend ausgeschnittener Blendungen, welche im Brennpunkte aufgestellt wurden, von den beiden Sonnenbildern zwei Stücke von gleicher Ausdehnung zu isoliren, so daß das eine Stück im Mittelpunkte des ersten heliometrischen Bildes, das andere am Rande des zweiten Bildes gelegen war. Auf diese Weise zeigte sich bei drei oder vier an verschiedenen Tagen angestellten Vergleichungen, daß die dem Mittelpunkte des einen Bildes correspondirende Oeffnung heller war, als die Oeffnung, welche dem Rande des anderen Bildes entsprach. Indem er nun die Oeffnung desjenigen Objectivs, welches das Bild des Mittelpunktes erzeugte, so weit verkleinerte, bis dieses Bild ihm von gleicher Helligkeit mit dem anderen zu sein schien, gelangte er zu folgender Proportion: die Intensität des Lichtes am Mittelpunkte der Sonne verhält sich zur Intensität eines um drei Viertheile des Halbmessers vom Centrum entfernten Theiles wie 48 zu 35. Der Verfasser räumt ein, daß er diese Beobachtungen öfter hätte wiederholen sollen; „aber,“ sagt er, „so viel bleibt sicher, die Helligkeit der Sonne ist geringer an denjenigen Stellen der Scheibe, welche vom Mittelpunkte weiter entfernt sind [48].“

Lambert hat in seiner Photometrie eine der Meinung Bouguer's gerade entgegengesetzte Ansicht ausgesprochen. Zu Anfange des zweiten Kapitels (Art. 73) sagt er ausdrücklich: „die Oberfläche der Sonne zeigt überall denselben Glanz; diese Thatsache wird von Niemand bestritten.“

Airy und John Herschel dagegen nehmen mit Bouguer an, daß die Sonne am Rande weniger leuchte als in der Mitte.

Folgendes sind die Worte Sir John Herschel's in der zweiten Ausgabe seines treatise on astronomy (Art. 395, S. 234):

„Wenn man mit einem Fernrohre von so mäßiger Vergrößerung, um die ganze Sonnenscheibe gleichzeitig im Gesichtsfelde zu haben, nach der Sonne sieht, und sich eines geschwärzten Glases bedient, durch welches die Scheibe recht bequem zu erkennen ist, so zeigt sich ganz offenbar, daß die Ränder der Sonnenscheibe weit weniger leuchtend sind, als der Mittelpunkt. Man überzeugt sich leicht, daß diesem Resultate keine Täuschung zu Grunde liegen kann, wenn man das Sonnenbild auf

ein weißes Blatt Papier fallen läßt, welches recht genau im Brennpunkte aufgestellt ist: es zeigt sich alsdann dieselbe Erscheinung."

William Herschel bildete aus Sammt, aus weißem schwach beleuchteten und aus weißem sehr stark beleuchteten Papier ein Ganzes, das ihm nach Form und Intensität eine ziemlich genaue Darstellung eines schönen Sonnenfleckens zu sein schien. Der Sammt war der Kern; das hellstrahlende Papier stellte die leuchtenden Theile der Sonnenoberfläche dar; das von nur sehr wenig Strahlen getroffene Papier lieferte den mittleren Glanz des Halbschattens. Herschel zog aus seinem Versuche die nachstehenden Folgerungen:

Wenn die Intensität des Sonnenlichtes 1000
ist, so wird die Intensität des Halbschattens dargestellt durch 469
und die des Kernes durch 7

Es wäre interessant, diese Schätzung William Herschel's durch genaue photometrische Versuche zu prüfen. Die Ausführung solcher Versuche bietet zwar sehr große Schwierigkeiten dar, doch scheinen dieselben nicht unüberwindlich zu sein.

Bei photometrischen Beobachtungen muß man sich mit Sorgfalt vor Täuschungen hüten; es ist wichtig, in allen Fällen, wo es sich thun läßt, Messungen an die Stelle bloßer Schätzungen zu setzen. Ich will nur ein Beispiel von solchen Irrthümern anführen, denen man sich bei Anwendung eines andern Verfahrens aussetzt. Der ganze Himmel ist mit gleichförmigen grauen Wolken überzogen, die Erde mit einer Schneeschicht bedeckt: unter solchen Umständen wird Niemand anstehen, zu erklären, daß der Schnee viel glänzender sei als der Himmel. Ersetzt man nun aber das flüchtige Urtheil durch eine Messung, so findet thatsächlich das Gegentheil statt.

Sollte nicht in dem vorliegenden Falle das Photometer unmittelbar zur Vergleichung des Randes und Mittelpunktes des auf einem Papierschirme aufgefangenen Sonnenbildes dienen können? In der Theorie scheint die Sache leicht; aber in der Ausführung erzeugt die Kleinheit des Sonnenbildes, die große Nähe des Randes und Mittelpunktes in diesem Bilde bedeutende Schwierigkeiten. Es ist mir indeß gelungen, dieselben mittelst eines sehr einfachen Kunstgriffes zu um-

gehen, der mir schon früher hätte einfallen sollen. Er besteht darin, durch die zwei Hälften eines einzigen Objectivs, wie es das von Dollond abgeänderte Bouguer'sche Heliometer bildet, zwei Sonnenbilder beliebig weit von einander entfernt darzustellen. Ich kann dann aus dem Mittelpunkte des einen Bildes das Licht nehmen, welches von der centralen Platte eines Photometers zurückgeworfen werden soll, und von dem Rande des andern Bildes das Licht, welches nach dem Hindurchgehen durch dieselbe zu meinem Auge gelangen soll.

Laplace in seiner Mécanique céleste hat Bouguer's Bestimmungen vollständig angenommen; dieselben geben für die relativen Intensitäten des Mittelpunktes und eines drei Viertel des Halbmessers von ihm abstehenden Punktes die Zahlen 48 und 35, woraus für die relativen Intensitäten des Mittelpunktes und des Randes wenigstens ein Verhältniß wie 48 zu 30 folgt. Von diesen Grundlagen ausgehend hat Laplace die Auslöschung des Lichtes in der Sonnenatmosphäre berechnet.

In einer besondern Abhandlung, welche man in der Sammlung meiner Schriften finden wird, habe ich ohne Mühe den Beweis geliefert, daß diese langen und schwierigen Rechnungen sich auf ganz irrige Thatsachen stützen, und daß sie auf neuen Grundlagen wiederholt werden müssen. Hier ist indessen nicht der Ort, um in das Detail der Versuche einzugehen, welche ich über diesen Gegenstand angestellt, und aus denen ich den Schluß gezogen habe, daß zwischen dem Rande und dem Mittelpunkte ein Intensitätsunterschied von $^1/_{40}$ existirt, d. h. daß, wenn die Lichtintensität am Rande 40 ist, dieselbe im Mittelpunkte 41 beträgt.

Zwei sehr ausgezeichnete Physiker, die Herren Fizeau und Foucault, haben auf mein Ersuchen das Bild der Sonnenscheibe während einer äußerst kurzen Zeit auf Daguerre'sche Platten fallen lassen, und durch die Photographie die Resultate, zu denen mich die Photometrie geführt hatte, bestätigt. Die Fig. 163 (S. 144) ist eine treue Copie des photographischen Sonnenbildes, welches diese Herren im Jahre 1845 erhielten; dieses sehr merkwürdige Bild zeigt vollkommen deutlich die etwas größere Lichtintensität der Mitte gegen die der Ränder.

Die Herren Fizeau und Foucault trafen es übrigens glücklich, die Bilder von zwei Fleckengruppen mit zu erhalten, die man in der Zeichnung mit allen ihren Einzelheiten erkennt.

Vierundzwanzigstes Kapitel.

Intensität des atmosphärischen Lichtes in der Nähe der Sonne.

Eine Bestimmung der Intensität des atmosphärischen Lichtes in der Nähe der Sonne ist, so viel mir bekannt, bisher nicht versucht worden; und doch hängt dieselbe mit sehr wichtigen astronomischen Fragen zusammen. Bevorzugte Beobachter behaupten, Mercur und Venus gleichzeitig mit der Sonne in dem Gesichtsfelde eines Fernrohrs gesehen zu haben. Nach einer flüchtigen Ueberlegung ist die Wahrheit solcher Beobachtungen angefochten worden; man wird aber nur dann erkennen, was in dieser Beziehung ausführbar ist, und was man mit einiger Aussicht auf Erfolg versuchen kann, wenn man mit einer gewissen Genauigkeit vergleichende Beobachtungen über die Lichtintensität dieser beiden Planeten und der Atmosphäre, durch welche man sie betrachten muß, angestellt hat.

Ich glaube daher, etwas Nützliches gethan zu haben, wenn ich mit einer gewissen Genauigkeit die Intensität des atmosphärischen Lichtes in der Nähe der Sonne zu bestimmen versucht habe, d. h. den Glanz, welchen die Atmosphäre auf der Erde an einem gegebenen Orte verbreiten würde, wenn es möglich wäre, daselbst die directe Strahlung der Sonne zu beseitigen. Ich habe gefunden (man sehe meine Abhandlungen über die Photometrie), daß die Oberfläche des Himmels in einer an die Sonne tangentiellen Richtung einen Glanz besitzt, welcher $^1/_{500}$ vom Glanze dieses strahlenden Gestirns selber erreicht. Diese Intensität bleibt in einer Ausdehnung, die, vom Rande der Sonne aus gerechnet, dem Durchmesser derselben gleich ist, fast constant.

Fünfundzwanzigstes Kapitel.

Absolute Intensität des Sonnenlichtes, verglichen mit irdischen Lichtquellen.

Wenn man die Flamme einer Kerze so stellt, daß sie sich auf die der Sonnenscheibe nächsten atmosphärischen Regionen projicirt, so verschwindet sie vollständig, und man sieht nur noch den Docht als einen schwarzen Flecken. Diese Erscheinung wird selbstverständlich noch entschiedener, wenn die Flamme sich auf die Sonnenscheibe selbst projicirt. Hieraus kann man den Schluß ziehen, daß das Licht dieser Flamme weniger lebhaft ist, als das eines entsprechenden Theiles der Sonne, und auch als das eines entsprechenden Theiles der dieselbe umgebenden Atmosphäre, ja daß es selbst nicht den dreißigsten Theil dieses letztern erreicht. Da nun die Intensität des atmosphärischen Lichtes in der Nähe der Sonne $^1/_{500}$ der Intensität des Sonnenlichtes ist, so sieht man, daß die Intensität einer Kerze nur $^1/_{30} \times {}^1/_{500}$ oder $^1/_{15000}$ der Intensität des Sonnenlichtes betragen kann.

Das hellste Licht, dessen Erzeugung dem Menschen gelungen, ist das sogenannte elektrische Licht, das man mittelst der Säule, dieser großartigen Entdeckung Volta's, hervorruft.

In dem Ausdrucke, daß das elektrische Licht dem Sonnenlichte vergleichbar sei, liegt nichts Uebertriebenes, denn wenn das Licht, welches man durch zwei infolge ihrer Verbindung mit den beiden Polen einer Säule weißglühende Kohlenstücke erhält, auf die Sonnenscheibe projicirt wird, so gelangt man keineswegs zu dem Resultate, welches eine Kerze oder selbst eine Carcel'sche Lampe gibt: das elektrische Licht verschwindet nicht vor dem Sonnenlichte. Je nach der Stärke der angewandten Säule findet man, daß das elektrische Licht von einem Fünftel bis zu einem Viertel des Sonnenlichtes sich ändert, oder anders ausgedrückt, daß es gleich kommt dem Lichte, welches durch eine von 3000 bis 3750 veränderliche Anzahl Kerzen verbreitet wird.

Ich füge noch hinzu, daß das Licht einer Carcel'schen Lampe so stark ist wie sieben Kerzen, und daß das Licht einer Gasflamme dem von neun Kerzen gleichkommt.

Der Leser möge nicht übersehen, daß ich nur von dem Glanze der Sonne auf der Oberfläche der Erde rede, und nicht von der absoluten Intensität des Lichtes dieses Gestirns an seiner Oberfläche [49]).

Sechsundzwanzigstes Kapitel.

Temperaturen der verschiedenen Punkte auf der Sonnenscheibe.

Als Professor Secchi, Director der Sternwarte in Rom, die verschiedenen Punkte des durch ein Fernrohr erzeugten Sonnenbildes gesondert auf ein eigenthümliches Thermometer, das sich auf die Erzeugung elektrischer Ströme durch die Wärme gründet, fallen ließ, so beobachtete er, daß diese verschiedenen Punkte nicht genau dieselbe Temperatur besitzen. Dieser scharfsinnige Beobachter fand ferner, daß die vom Mittelpunkte der Sonnenscheibe kommenden Strahlen diejenigen sind, welche die meiste Wärme erzeugen, und daß von hier aus die Wärme gegen die Ränder hin abnimmt.

Secchi zeigte außerdem, daß bei gleichen Entfernungen vom Mittelpunkte die Polargegenden der Sonne weniger warm sind, als die Aequatorialgegenden, und daß sogar die beiden durch den Aequator geschiedenen Hemisphären nicht genau dieselbe Temperatur besitzen. Entgegengesetzt der Annahme Herschel's ergibt sich aus den directen Beobachtungen des römischen Astronomen, daß die Flecken eine Verringerung der Temperatur in allen ihnen benachbarten Punkten der Sonne erzeugen, und daß, auffallend genug, die Sonnenfackeln auf keine merkliche Weise die Temperatur der Punkte, wo sie auftreten, erhöhen [50]).

Die Erscheinung der sogenannten Sonnenflecken findet, wie wir gesehen haben, nur in ziemlich engen Grenzen nördlich und südlich vom Sonnenäquator statt. Es hätte ein Interesse zu erfahren, ob die Hemisphären der Sonne, in welche die durch die Pole dieses Gestirns gelegten Meridiane dieselbe theilen, für die Erzeugung der Flecken gleich befähigt sind. Herschel vermuthete, daß eine der Hemisphären der Sonne infolge ihrer physischen Beschaffenheit weniger geeignet sei, Wärme

und Licht auszustrahlen, als die entgegengesetzte; sagt aber nicht, auf welche Beobachtungen diese Muthmaßung sich stützt.

Bei dieser Gelegenheit will ich an Untersuchungen aus einem ganz anderen Gebiete, die aber doch auf ein ähnliches Resultat hinauslaufen, nämlich an die Untersuchungen von Buys Ballot in Utrecht erinnern. Derselbe glaubte aus den zu Harlem, Zwanenburg und Danzig viele Jahre hindurch angestellten Thermometerbeobachtungen bewiesen zu haben, daß in jeder Periode von ungefähr 27.7 Tagen an diesen Orten eine geringe Erhöhung der Temperatur statt finde, während zu den zwischenliegenden Zeitpunkten ein Sinken derselben beobachtet werde.

Diese Thatsache, wenn man sie als sicher bewiesen voraussetzt, würde sich einfach durch die Annahme erklären lassen, daß die Wärme auf dem ganzen Umfange der Sonne nicht gleichmäßig vertheilt, daß die eine Hemisphäre heißer sei, als die entgegengesetzte, so daß, wenn die erstere der Erde zugewendet ist, die von uns empfundene Wärme ihr Maximum erreichen muß [51]).

Siebenundzwanzigstes Kapitel.

Von dem Einflusse der Sonnenflecken auf die Temperaturen an der Erdoberfläche.

Der Gedanke, daß die Sonnenflecken einen merkbaren Einfluß auf die Temperaturen an der Erdoberfläche haben müßten, tauchte sehr früh in dem Geiste der Physiker auf. Schon 1614 schrieb Battista Baliani an Galilei, daß seiner Ansicht nach die Kälte nothwendig zunehmen müßte, wenn die Zahl der Flecken wüchse (Nelli, S. 337). Diese Ansicht würde selbst eine Prüfung nicht verdienen, wenn die Sonnenflecken stets sehr klein und sehr wenig zahlreich wären, wenn der von ihnen eingenommene Raum immer nur ein unmerklicher Bruchtheil von der gesammten Sonnenoberfläche, oder vielmehr von der

Oberfläche der der Erde zugewandten Hemisphäre ausmachte. Wir haben aber im zehnten Kapitel (S. 104) gesehen, wie diese Flecken bisweilen sehr zahlreich und ausgedehnt, und zu andern Zeiten auch wieder sehr selten sind. Die obige Frage kann also alles Ernstes gestellt werden. Die alten Historiographen und Chronikenschreiber scheinen von einem unerklärlichen Phänomen zu reden, wenn sie Tage, Monate, Jahre anführen, während welcher die Sonne nicht in ihrem normalen Zustande war; ein solches Phänomen kann den außerordentlichen Erscheinungen von Sonnenflecken zugeschrieben werden, und die Ansicht, daß diese Flecken einen Einfluß auf die meteorologischen Zustände der Erde ausüben, muß also in ernstliche Betrachtung genommen werden.

Schon früher von mir erwähnte Ideen über die physischen Umstände, welche ein Zerreißen der Sonnenatmosphäre herbeiführen sollen, bestimmten William Herschel zu der Annahme, daß die schwarzen Sonnenflecken eher das Anzeichen einer überreichen Ausstrahlung von Licht und Wärme, als einer Schwächung dieser beiden Arten von Strahlen seien. Seiner Gewohnheit gemäß verglich der große Astronom seine Vermuthung mit Thatsachen, welche geeignet waren, dieselbe zu stützen oder als nichtig zu erweisen. Da keine meteorologischen Beobachtungen vorlagen, so nahm er in Ermangelung eines Bessern den Preis des Getreides in England als ein Anzeichen für die Höhe der jährlichen Temperaturen; ich sage, in Ermangelung eines Bessern, denn Herschel verhehlte sich nicht, daß der Getreidepreis durch andere Ursachen, welche mit der Temperatur in gar keinem oder nur in sehr indirectem Zusammenhange standen, abgeändert worden sein konnte. Die Frage erheischte also eine neue Prüfung.

Ich für meine Person bin so weit entfernt, mich den Ausfällen des Witzes, welche gegen diese Zusammenstellung Herschel's gerichtet worden sind, anzuschließen, daß ich seine Tabelle hier mittheile. Die Leser werden nachher selbst entscheiden, ob die vor ihnen stehenden Zahlen mit hinreichender Wahrscheinlichkeit, wie der Astronom in Slough glaubte, den Beweis liefern, daß die Erndten um so besser ausfallen, je zahlreicher die Flecken der Sonne sind.

	Mittlerer Werth eines Hektoliters Getreide in Francs.
Von 1650 bis 1670 sah man nur einen oder zwei Flecken[52])	21.50
1676 bis 1684 keine Flecken	20.60
1685 bis 1691 Flecken	15.90
1691 bis 1694 Flecken	13.75
1695 bis 1700 keine Flecken	27.06
1701 bis 1709 Flecken	21.05
1710 bis 1713 nur zwei Flecken	24.48
1714 bis 1717 Flecken	20.19

William Herschel's Ansicht steht mit den Resultaten im Widerspruche, welche Pater Secchi auf directem Wege erhalten hat; letzterer fand, daß die Flecken eine Verminderung der Temperatur auf der Oberfläche der Sonne hervorbringen. Eine erneuerte aufmerksame Untersuchung über den Gang der Temperaturen auf der Erde würde also von Wichtigkeit sein.

Herr Gautier in Genf hat die an einer großen Anzahl von Orten angestellten meteorologischen Beobachtungen mit Rücksicht auf die Frage, ob die Temperatur dieser Orte sich überall in demselben Sinne mit der Erscheinung der Sonnenflecken geändert hat, discutirt und dabei folgende Resultate erhalten (Annales de chimie et de physique, Bd. 12, S. 57, Jahrgang 1844):

In Paris übertrifft nach Herrn Gautier die mittlere Temperatur der Jahre, in welchen sich wenig Flecken gezeigt haben, diejenige der Jahre, in welchen viele Flecken beobachtet wurden, um 0°.64, in Genf um 0°.33.

Einige Beobachtungsstationen haben Unterschiede bis zu 1°.2 in demselben Sinne gegeben; andere Orte dagegen zu Unterschieden in entgegengesetztem Sinne geführt.

Rudolph Wolf, Director der berner Sternwarte, hat vor Kurzem der pariser Akademie der Wissenschaften schriftlich mitgetheilt, durch Nachschlagen einer alten zürcher Chronik, welche vom elften Jahrhundert bis 1800 geht, habe er gefunden, daß in Uebereinstim-

mung mit den Ansichten Herschel's die Jahre, wo die Sonnenflecken als sehr zahlreich verzeichnet sind, sich im Allgemeinen auch trockner und furchtbarer gezeigt haben, als die anderen; daß dagegen die Jahre, in welchen nur selten Erscheinungen von Flecken eintreten, feuchter und stürmischer gewesen seien.

Da, wie sich aus dem Vorstehenden ergibt, die von den verschiedenen Physikern und Astronomen erhaltenen Resultate einander sehr widersprechen, so hatte es besonders mit Rücksicht auf die Wichtigkeit der Frage ein Interesse, dieselbe einer neuen Prüfung zu unterwerfen. Die Tafel der in jedem Jahre seit 1826 bis 1851 von Herrn Hofrath Schwabe gezählten Sonnenflecken liefert jetzt die Elemente zu einer Vergleichung, die bis dahin fehlten; deßhalb habe ich Herrn Barral gebeten, einen Auszug aus den in Frankreich während der 26 Jahre, welche den Beobachtungen des dessauer Astronomen entsprechen, angestellten meteorologischen Beobachtungen zu machen, und so die Untersuchungen Herrn Gautier's in Genf, die nur bis 1844 reichen, und eine zu geringe Zahl von Jahren umfassen, zu vervollständigen.

Unter den Astronomen nach Herschel habe ich allein seit 1816 in den Annales de chimie et de physique zu untersuchen angefangen, welche Beziehungen zwischen den Sonnenflecken und den verschiedenen auf der Oberfläche der Erde vorgehenden meteorologischen Erscheinungen existiren könnten. Herr Barral hat die Ausführung des von mir entworfenen Umrisses vollendet; diese Arbeit wird man unter den der Meteorologie gewidmeten wissenschaftlichen Aufsätzen finden. Hier kann ich nur die allgemeine Folgerung, zu welcher dieselbe geführt hat, mittheilen.

Durch Vergleichung der Tafel der Sonnenflecken von Herrn Schwabe mit den officiellen Mittheilungen der jährlichen Durchschnittspreise des Getreides wird in Bezug auf den mittleren Preis des Hektoliters Weizen in Frankreich die entgegengesetzte Ansicht, als wie sie Herschel aufgestellt hat, bewiesen. So sieht man aus der nachstehenden Tabelle, daß die niedrigsten Kornpreise den Perioden der wenigst zahlreichen Erscheinungen von Flecken entsprechen, also dem, was Herschel glaubte, gerade entgegengesetzt.

	Jahr.	Anzahl der in dem Jahre beobachteten Fleckengruppen.	Durchschnittspreis eines Hektoliters Weizen in Francs.
I.	1826	118	15.85
	1827	161	18.21
	1828	225 Max.	22.03
	1829	199	22.59 Max.
	1830	190	22.39
II.	1831	149	22.10
	1832	84	21.85
	1833	33 Min.	15.62
	1834	51	15.25 Min.
	1835	173	15.25
III.	1836	272	17.32
	1837	333 Max.	18.53
	1838	282	19.51
	1839	162	22.14 Max.
	1840	152	21.84
IV.	1841	102	18.54 Min.
	1842	68	19.55
	1843	34 Min.	20.46 Max.
	1844	52	19.75 Min.
	1845	114	19.75
V.	1846	157	24.05
	1847	257	29.01 Max.
	1848	330 Max.	16.65
	1849	238	15.37
	1850	186	14.32
	1851	151	14.48

Theilt man ferner die 26 Beobachtungsjahre in fünf verschiedene Gruppen, wie es vorstehende Tafel zeigt, so findet man, daß der den Gruppen I, III, V, also den Maximis der Zahlen von Sonnenflecken entsprechende mittlere Preis 19.69 Fr. beträgt, während der mittlere

Getreidepreis für die Gruppen II und IV, welche den Minimis in der Erscheinung der Flecken entsprechen, nur 18.81 Fr. erreicht.

Für Paris ist auf die 26 Beobachtungsjahre die mittlere Temperatur der Gruppen von solchen Jahren, in denen es viele Flecken gab, 0.31 niedriger, als die Gruppen von Jahren, wo die Zahl der Flecken gering war.

Merkwürdig ist es, daß der Unterschied zwischen den Mittelwerthen der Maxima und Minima der Temperatur in den Jahren mit vielen Flecken größer ist, als in den Jahren mit weniger zahlreichen Flecken.

Endlich sind in Paris während desselben Zeitraumes von 1826 bis 1851 die Gruppen von Jahren, wo die Zahl von Sonnenflecken größer, wo das Brod theurer und die mittlere Temperatur niedriger war, diejenigen, in welchen mehr Regen (592.13^{mm}) gefallen ist; dagegen beträgt die mittlere Höhe des Regenwassers nur 565.14^{mm} während der Gruppe von Jahren, wo weniger Flecken gezählt wurden, wo das Brod wohlfeiler und die mittlere Temperatur höher war.

Indeß muß man sich bei solchen Dingen, bevor man nicht eine sehr große Zahl von Beobachtungen hat, vor Verallgemeinerungen hüten. Bei der Mittheilung der vorstehenden Details war es besonders meine Absicht, auf wichtige Fragen die Aufmerksamkeit zu lenken und sie gegen gewagte Folgerungen sicher zu stellen.

Achtundzwanzigstes Kapitel.

Vermutheter Zusammenhang zwischen den Sonnenflecken und den Schwankungen der Magnetnadel.

Bei der Discussion der Beobachtungen der täglichen Schwankungen der Magnetnadel hat Herr Lamont, Director der münchener Sternwarte, gefunden, daß die veränderliche Größe dieser Schwankungen in ihrem Zu- und Abnehmen einer zehnjährigen Periode unterworfen ist.

Verschiedene Beobachter, unter Anderen Pater Secchi haben hervorgehoben, daß die Zeiten der Maxima und Minima dieser Schwan-

kungen mit den Zeiten zusammenfallen, in denen nach Herrn Schwabe's Beobachtungen auf der Sonne ein Maximum oder Minimum von Flecken sich zeigte [53].

Die sehr zahlreichen Beobachtungen, die ich zu Paris von 1820 bis 1835 über die tägliche Schwankung der Declinationsnadel gemacht, und mit deren Ausbeutung ich Herrn Barral*) beauftragt habe, bestätigen, wie die folgenden Ziffern zeigen, die obige Ansicht:

Jahr.	Gruppen von beobachteten Flecken.	Mittlerer jährlicher Werth der täglichen Schwankung der Declinationsnadel.
1826	118	9′ 45″77
1827	161	11 19.38
1828	225 Max.	11 23.31
1829	199	14 44.26 Max.
1830	190	12 7.91
1831	149	12 13.68

Nach dieser Uebereinstimmung kann man sich zu der Meinung berechtigt halten, daß die Sonnenflecken einen Einfluß auf die täglichen Schwankungen der Magnetnadel ausüben, so daß eine Vermehrung der Zahl von Flecken stets eine Zunahme in der Größe der Schwankung gibt.

Wenn die Uebereinstimmung in den Perioden der beiden Erscheinungen nicht bloß zufällig ist, worüber nur spätere Beobachtungen entscheiden können, wird dies eine schöne Entdeckung sein, deren Einfluß auf die Fortschritte der Physik der Erde bedeutend werden kann; doch müssen wir eine definitive Erklärung noch aufschieben.

Neunundzwanzigstes Kapitel.

Ist die Sonne bewohnt?

Wenn man einfach die Frage stellte: Ist die Sonne bewohnt? so würde ich antworten, daß ich darüber Nichts wisse. Wenn man mich

*) Siehe Bd. 4, S. 414 der sämmtl. Werke.

aber fragt, ob die Sonne von Wesen bewohnt sein kann, welche eine analoge Organisation besitzen, wie die, welche unsere Erde bevölkern, so werde ich nicht anstehen, eine bejahende Antwort zu ertheilen. Das Vorhandensein eines dunklen centralen Kernes in der Sonne, welchen eine undurchsichtige (opaque) Atmosphäre umgibt, von der entfernt erst sich die leuchtende Atmosphäre befindet, steht in keiner Weise mit einer solchen Ansicht im Widerspruch.

Herschel war der Meinung, daß die Sonne bewohnt sei. Wenn die Tiefe der Sonnenatmosphäre, in welcher die lichterzeugende chemische Reaction vor sich geht, sich bis auf eine halbe Million Meilen erstreckt, so ist es seiner Ansicht nach nicht nöthig, daß der Glanz in jedem einzelnen Punkte die Lichtstärke eines gewöhnlichen Nordlichtes übertrifft. Die Beweise, auf welche der große Astronom sich stützt, um darzuthun, daß der Sonnenkern trotz des Weißglühens seiner Atmosphäre nicht sehr heiß sein kann, sind weder die einzigen, noch auch die besten, welche man beibringen kann. Die directe Beobachtung des Prof. Secchi über die Temperaturerniedrigung, welche die Punkte der Sonnenscheibe zeigen, wo Flecken erscheinen, wiegt in dieser Beziehung schwerer als alle Schlüsse und Betrachtungen.

Doctor Elliot hat seit 1787 behauptet, daß das Licht der Sonne von einem, wie er es nennt, dichten und allgemeinen Nordlichte herrühre. Er glaubte ferner übereinstimmend mit alten Philosophen, daß dies Gestirn bewohnt sein könne. Als der Doctor wegen der Tödtung von Miß Boydell vor die Assisen von Old Bailey gestellt war, behaupteten seine Freunde, unter Anderen der Doctor Simmons, er wäre wahnsinnig, und glaubten dies ganz unwiderleglich durch die Hinweisung auf die Schriften, in denen die eben erwähnten Ansichten entwickelt sind, darzuthun. Aber jene Ideen eines Wahnsinnigen sind heute fast allgemein angenommen. Die vorstehende Anekdote scheint mir einen Platz in der Geschichte der Wissenschaften zu verdienen; ich entlehne sie dem Artikel Astronomie des Doctor Brewster in der Edinburger Encyclopädie.

Anmerkungen der deutschen Ausgabe.

Zum vierzehnten Buch.

Wenn in vorstehendem Buche mancherlei Wiederholungen, sogar bisweilen unverkennbare Versetzungen vorkommen, so wird dieser Umstand keinen Anstoß erregen, wenn man sich der bekannten Thatsache erinnert, daß der Verfasser, dem das Auge zuletzt mehr und mehr den Dienst versagte, nicht alle Bücher seiner Astronomie mit gleicher Sorgfalt selbst durchzusehen vermochte.

1. S. 46. Ueber diese den Alten nachgebildete Bezeichnungsweise der Sonne als lucerna mundi im ersten Buche de Revolutionibus orbium coelestium vergl. den gelehrten Commentar, den Humboldt im 2. Bande des Kosmos, S. 500, gegeben hat. Ebend. im 3. Bande, S. 407, wird des Ausdrucks beim Theon wegen verwiesen auf Theonis Smyrnaei Platonici liber de Astronomia. Viele andere eigenthümliche, zum Theil sehr merkwürdige Benennungsweisen der Sonne findet man außerdem in Goguet's Dissertation über die Planetennamen, im 2. Bde. seines Werkes De l'Origine des Loix, des Arts et des Sciences, Paris 1758, und auszugsweise in Lalande Astronomie, 3. éd. §. 589.

2. S. 49. Der Marquis Cornelius Malvasia, Senator zu Bologna, Beschützer und Mitbeobachter des ersten Cassini, gab im Jahre 1662 heraus: Ephemerides novissimae motuum coelestium, Modena, Fol.; indessen soll Venturi in den Bologner Archiven gefunden haben, daß die ihm zugeschriebene Erfindung des festen Fadennetzes, der hier im Texte erwähnt wird, richtiger dem Montanari gebühre, der auch an der Ausarbeitung jener Ephemeriden Theil genommen hatte. — Die erste Beschreibung des Huygens'schen Mikrometers ist im Systema Saturnium (p. 82) gegeben.

3. S. 51. Vergl. wegen der geschichtlichen Nachrichten über das Fadenmikrometer und andere Gattungen von Mikrometern im Brennpunkte der Objectivlinse Balthasaris Micrometria, Erlangen 1710, Kap. III.; außerdem die zahlreichen Nachweise bei Lalande und Delambre Hist. de l'Astron. au XVIII. siècle, S. 616—618.

4. S. 52. Zu den leicht angedeuteten Uebelständen, welche mit der Ausführung des Arago'schen Vorschlages, die Fäden durch den elektrischen Strom einer Volta'schen Säule leuchtend zu machen, hervortreten, gehört hauptsächlich die Erhitzung des Fadens, welche die Sterne im Augenblicke des Durchganges hinter dem Faden lebhaft beunruhigt, und es dahin bringt (wie leider nicht selten bei Ausführung neuer Vorschläge der Fall ist), daß das auf der einen Seite Erlangte auf der andern zugleich eingebüßt wird. Von wirklich erfolgreicher Anwendung dieses Mittels bei Beobachtungen lichtschwacher Objecte ist bisher Nichts bekannt geworden, während gegenwärtig die Mechaniker glücklicherweise andere Mittel besitzen, die Fäden im dunkeln Felde beliebig stark zu beleuchten.

5. S. 52. Memoiren der pariser Akademie vom Jahre 1748; auch findet man die Beschreibung des Bouguer'schen Heliometers in seiner ursprünglichen Gestalt bei Lalande, Astron. §. 2439, 2440.

6. S. 53. Die wichtige Veränderung, welche man in England ums Jahr 1754 mit dem Heliometer vornahm, wird meist auf John Dollond zurückgeführt. Später dagegen haben Short und Dollond selbst als ersten Erfinder Servington Savery genannt, ja Short versicherte sogar, die Erfindung sei schon fünf Jahre vor Bouguer's Veröffentlichung der Londoner Societät mitgetheilt worden.

7. S. 54. Nichtsdestoweniger behauptet Mathieu, Dollond habe dadurch, daß er an die Stelle des Bouguer'schen Doppelobjectivs die Halbobjective eingeführt, das Heliometer im Grunde verschlechtert, weil nicht jede von den Hälften eines achromatischen Objectives für sich achromatisch sei. Englische Instrumente der Art, von John Dollond selbst herrührend, werden noch gegenwärtig auf einigen Sternwarten aufbewahrt.

8. S. 55. Die Abbildung ist dem 15. Bde. der Königsberger Beobachtungen entnommen. Seitdem haben die Sternwarten zu Pulkowa und zu Oxford noch größere und vollkommenere Heliometer erhalten; insbesondere vereinigt das letztere, von Repsold in Hamburg construirt, mit colossalen Dimensionen eine ganze Reihe von Vorzügen, welche dem königsberger Instrumente abgehn. Wegen der Beschreibung dieser neueren Werkzeuge vergl. die Description de l'Observatoire de Poulcova und den XI. Bd. der Astronomical Observations made ad the Radcliffe-Observatory.

9. S. 56. Seit den berühmten Beobachtungen Bessel's am Heliometer und den wichtigen Resultaten, welche gegenwärtig Johnson mit dem oxforder Instrumente erlangt hat, möchte der im Texte gemachte Vorwurf nicht mehr so begründet sein, wie er es früher den Dollond'schen und selbst den kleinern Frauenhofer'schen Heliometern gegenüber allerdings gewesen.

10. S. 56. Zur Messung der Durchmesser, vorzüglich der Sonne und des Mondes, bediente sich Lalande eines achtzehnfüßigen Bouguer'schen Heliometers; die damit angestellten Beobachtungen finden sich in den Jahrgängen 1754 und 1757 der pariser Memoiren, insbesondere aber im Jahrgange 1760 in der Abhandlung über die scheinbare und wirkliche Größe der Sonne.

11. S. 57. Aber ohne diese skrupulöse Sorgfalt, welche in der Natur der Sache und keineswegs allein in der Natur des Heliometers begründet ist, wird man auch mit keinem noch zu ersinnenden Mikrometer die sehr feinen Beobachtungen anstellen können, von denen hier die Rede ist. Wichtiger dagegen möchte der Umstand sein, daß genaue heliometrische Messungen nur mit großen und sehr kostbaren Instrumenten dieser Gattung angestellt werden können, da selbst, wie schon oben bemerkt wurde, die kleineren Frauenhofer'schen Instrumente nicht jeden Theil der Messung mit der erforderlichen Genauigkeit anzustellen gestatten.

12. S. 58. Opuscules mathématiques par M. l'abbé Rochon, Brest 1768.

13. S. 60. Hawskee's Methode zur Bestimmung der Vergrößerung eines Spiegelteleskops beschreibt Robert Smith in Complet System of Opticks, Remarks 485, S. 79. Man stellte einen Papierkreis, einen Zoll im Durchmesser haltend, in 2674 Fuß Entfernung vom Oculare, in der Richtung des Fernrohrs, zog hierauf auf einem Blatte zwei, einen Fuß von einander entfernte Horizontallinien, und indem man nun mit dem einen Auge das vergrößerte Bild des Kreises, mit dem andern unbewaffneten dagegen die Horizontallinien betrachtete, wurden diese letzteren in diejenige Entfernung gebracht, welche nothwendig war, damit sie den Kreis oben und unten zu berühren schienen. Die Messung der Entfernung führt nun ganz einfach zur Bestimmung der Vergrößerung. Vergl. auch Lalande Astr. §. 2435.

14. S. 62. Die Unzulänglichkeit der Scheiben- oder Projektionsmikrometer, deren sich auch Hieronymus Schröter bei seinen bekannten Beobachtungen fast ausschließlich bediente, ist längst vor Arago auch durch Andere dargethan worden. Genaue Beschreibung und Abbildung von dergleichen Meßinstrumenten giebt der erste Band von Schröter's Beiträgen zu den neuesten astronomischen Entdeckungen, Berlin 1788. — Das Herschel'sche Lampenmikrometer, dessen sogleich nachher im Texte Erwähnung geschieht, wird beschrieben in Sir William Herschel's Abhandlung On the Parallax of the fixed Stars im 72. Bde. der Philos. Trans.

15. S. 69. Es würde sich zwar Viel gegen die Ausstellungen einwenden lassen, infolge deren in diesem Abschnitte, aus zu allgemeinen Gründen, alle Gattungen der Mikrometer verworfen werden; aber dieser Bemühung überhebt die einzige Thatsache, daß einige der im Texte erwähnten Mikrometer noch gegenwärtig überall zu den feinsten und wichtigsten Messungen verwandt werden, während das neuerdachte Ocularmikrometer mit veränderlicher Vergrößerung (S. 73), oder das Ocularmikrometer mit constanter Vergrößerung (S. 75), gleich allgemeine Verbreitung und Anwendung bisher nicht gefunden hat.

16. S. 75. Gegen die Richtigkeit der Angabe, daß in dem angenommenen Falle die Ungewißheit der einzelnen Messung noch nicht 0,04 Bogensekunden betragen könne, ist zwar kein Zweifel zulässig, aber, muß man fragen, welche übergroße Menge von dergleichen Prismen wäre nothwendig, um nur die Ausdehnung der gewöhnlich vorkommenden Planetendurchmesser oder des gegenseitigen Abstandes bei den Doppelsternen zu umfassen? Um nur bis zu einer Bogenminute messen zu können (so groß erscheint etwa Venus in der untern Konjunktion), wären schon mehr als achthundert Prismen von der im Texte beschriebenen Art erforderlich.

17. S. 82. Lahire hat indessen einen schwarzen Fleck sogar in 70° der heliographischen Breite wahrgenommen; so erzählt Mädler Astronomie, 4. Aufl. S. 121. Auch Schwabe in Dessau hat Flecke bis zum 50. Breitenparallel der Sonne gesehn.

18. S. 83. Die der deutschen Ausgabe beigefügten Abbildungen sind nach den Originalen gestochen, in Schumacher's Astronomischen Nachrichten Bd. VI., wodurch sich kleine Abweichungen von den französischen Abbildungen erklären.

19. S. 97. Der im Texte erwähnten Verse des Virgil, die zu den eigentlichen Sonnenflecken höchst augenscheinlich in der entferntesten Beziehung stehn, erinnerte sich der vielbelesene Keppler sogleich nach Entdeckung der Flecken auf der Sonnenscheibe (siehe die Vorrede zu seiner Dioptrik). Auch in andern Stellen, bei Theophrast und Aristoteles hat man neuerdings Bezeichnungen von Sonnenflecken zu sehn geglaubt (vergl. Kosmos Bd. III. S. 412). Daß die Peruaner große Sonnenflecken mit bloßen Augen gesehn hatten, berichtete zuerst Joseph a Costa in seiner Geschichte Westindiens, im 1. Buche.

20. S. 97. Die Hauptstelle aus den Annalen Eginhard's ist abgedruckt im Kosmos Bd. III. S. 413.

21. S. 98. Vergl. unter Anderen Lalande Astronomie §. 3232, Kästner Geschichte der Mathematik, Bd. 4. S. 137 u. f.

22. S. 99. In den Memoiren der pariser Akademie, 1778, hat Lalande den größten Theil dieses überaus interessanten, aber seltenen Schriftchens des Johann Fabricius übersetzt; dasselbe steht auch im vierten Bande der zweiten Ausgabe seiner Astronomie (1781). Vergl. Arago im Annuaire für 1842 in der Abhandlung Découvertes des taches solaires et de la rotation du soleil.

23. S. 100. Rosa Ursina sive Sol cet. 1630. S. 568.

24. S. 100. Die beiden letzten Absätze dieses Capitels sind nicht durch ein Versehn des deutschen Herausgebers an diese Stelle gekommen; man ist auch hier dem französischen Texte gefolgt, umsomehr als die offenbar irrthümlich eingeschalteten Stücke ihrem Inhalte nach an der gehörigen Stelle nicht vermißt werden.

25. S. 101. Giordano Bruno, der 1600 den Scheiterhaufen bestieg, hatte zuerst, wie Fabricius sogleich nach der Entdeckung der Sonnenrotation bemerkte, von einer solchen Umdrehungsbewegung gesprochen. Bei Keppler lauten die bezüglichen Worte in seinem Werke über den Mars (1609): ut Sol, manens quidem suo loco, rotetur tamen seu in torno.

26. S. 102. Bei der Auseinandersetzung der Erscheinungen der Sonnenflecken, im dritten seiner Dialoge (S. 333 und 334 der Leidener Ausgabe, 1699), kam es Galilei nur auf die Verhältnisse im Allgemeinen an, und specielle Zahlenangaben lagen ganz außer dem Zwecke, den er bei Abfassung dieser Schrift im Auge hatte. Auch mochte es ihm hierzu allerdings an eigenen, hinreichend genauen Beobachtungen dieser Art, wie sie Scheiner so zahlreich angestellt hatte, fehlen.

27. S. 104. Vergl. Laugier's Untersuchung im XV. Bde. der Comptes Rendus, p. 941; Schwabe hält sich (Poggendorf's Annalen 85, S. 168) an die Umdrehungszeit von 25,507 mittleren Tagen. Nicht erheblich verschieden von diesen Resultaten für die Zeit der Rotation und Lage der Axe sind in letzter Zeit die Ergebnisse von Petersen und A. ausgefallen; aber sehr merkwürdig scheint immerhin die fortdauernde Zunahme der Länge des aufsteigenden Knotens des Sonnenäquators auf der Ekliptik. Um auf diesen bisher, wie es scheint, nicht beachteten Umstand aufmerksam zu machen, mögen hier einige der zuverlässigsten Resultate mit Angabe der Quellen zusammengestellt folgen:

28. S. 104. Siehe die Quellen bei Humboldt, Kosmos Bd. III. S. 414.

29. S. 105. Ebenda, S. 415. Die Angaben im Texte nach Lalande, Astr. §. 3232.

30. S. 105. Bekanntlich wurde das jüdische Osterfest stets zur Zeit des Vollmonds gefeiert; vergl. wegen der hierher gehörigen Untersuchungen außer Ideler's Chronologie Bd. I. auch Kosmos Bd. III. S. 413.

31. S. 107. Beobachtungen über die Sonnenfackeln und Sonnenflecken u. s. w. Erfurt 1789, in 4. Einen Auszug daraus giebt Bode im Jahrbuche für 1792, S. 150 u. f.

32. S. 107. Diese Tabelle erscheint hier zuerst bis auf die neueste Zeit, nach Schwabe's Angaben in den Astronomischen Nachrichten, vervollständigt. Es ist dabei von sehr großem Interesse zu sehn, wie die Zahlenergebnisse dieser Tafel, seit ihrem ersten Erscheinen im dritten Bande des Kosmos (1850, S. 402), fortfahren, die zehn- oder eilfjährige Periode einzuhalten, über deren wirkliches Vorhandensein nun kaum noch der geringste Zweifel gestattet ist. Noch in diesem Augenblicke (Juli 1855) beweist der außerordentlich fleckenlose Zustand der Sonne tagtäglich, daß wir uns in der Zeit des Minimums befinden. Daß die Sonne seit mehreren Jahren nicht so fleckenfrei gewesen ist, als im gegenwärtigen, ist eine Bemerkung, die sich von selber sogar demjenigen aufdrängt, der nur seltener die Sonne zu beobachten Veranlassung nimmt.

33. S. 109. Schon jetzt die Dauer dieser Periode mit Genauigkeit festzusetzen, hat sich R. Wolf mit großem Fleiße und ungemeiner Belesenheit bemüht in seiner Abhandlung Neue Untersuchungen über die Periode der Sonnenflecken und ihre Bedeutung, Bern 1852. Er gelangt dabei zu einer Dauer derselben von $11^{111}/_{1000}$ Jahren, mit der zu befürchtenden Ungewißheit von nur etwa 13 Tagen. Leider läßt sich indessen nicht leugnen, daß die Festsetzung der Epochen der größten und kleinsten Thätigkeit in der Fleckenerzeugung für die entlegeneren Zeiten sehr schwer und, wenn überhaupt möglich, kaum ohne Willkühr ausführbar ist; erst im Anfange des gegenwärtigen Jahrhunderts kann man vielleicht einige Epochenjahre mit ziemlicher Sicherheit festlegen.

34. S. 111. Vergl. über diesen Abschnitt die im Kosmos angeführten Quellen, Bd. III. S. 410, Anm. 10.

35. S. 113. Auch mit Portwein, Weingeist, Wasser und manchen anderen Flüssigkeiten hat Herschel Versuche angestellt; übersichtlich zusammengestellt findet

man die Resultate seiner Versuche über teleskopische Blendungen in Pfaff's Schrift: Herschel's Entdeckungen in der Astronomie, Stuttgart, 1828, S. 274 u. f.

36. S. 114. Zu der angeblichen Beobachtung Derham's wird es kaum der Bemerkung bedürfen, daß es sich hier weniger um schnell eintretende objective Aenderungen, als vielmehr um sehr gewöhnliche Erscheinungen in einem vom allzustarken Glanze eines nicht genügend abgeblendeten Sonnenbildes überreizten Auge handelt. Nichts tritt bei zu schwacher Blendung häufiger ein, als wechselsweises Verschwinden und Deutlichwerden desselben unveränderten Objektes auf der Sonnenoberfläche.

37. S. 116. „Die Gleichförmigkeit des Kreisumfanges der Scheibe erleidet eine kleine Abweichung und ist etwas eingedrückt." Herschel in der Abhandlung Observations tending to investigate the Nature of the Sun etc. Phil. Trans. for the Y. 1801. Die andern im Texte erwähnten Beobachtungen sind vom 3. Juni 1703 und vom December 1719.

38. S. 117. Seltsamer Weise wird diese für die Kenntniß der Beschaffenheit unserer Sonne so wichtige Beobachtung des glasgower Astronomen seit langer Zeit fast überall, und auch hier im Texte, mit einer beträchtlich größern Bestimmtheit dargestellt, als die ist, welche ihr nach der Natur der Sache beizulegen sein möchte, und nirgend geschieht der sehr begründeten Bedenken Erwähnung, welche sogleich nach ihrem Bekanntwerden Lalande dagegen erhob (Mém. de l'Acad. 1776, S. 508). „Ich habe bisweilen beobachtet," sind seine Worte, „daß diese Erscheinung nicht eintritt; in keinem Falle ist sie übrigens sicher und deutlich genug, um einem Systeme als Grundlage dienen zu können." Damals gerade hatte Lalande, behufs seiner Arbeit über die Umdrehungselemente der Sonne, die Flecken sehr anhaltend und sorgfältig beobachtet. Vergl. auch §. 3242 seiner Astronomie. Gegen den Rand hin werden die Flecken bekanntlich so schmal und undeutlich, daß kein Beobachter sich von dem Vorhandensein der in Rede stehenden Thatsache mit einiger Sicherheit zu überzeugen vermag. Wir besitzen gegenwärtig einige sehr sorgfältige Suiten von Darstellungen einzelner Flecken in ihrem ganzen Vorübergange vor der Scheibe, z. B. die, welche den dritten Band der Washingtoner Beobachtungen (Wash. 1853, 4) zieren; kaum in zwei oder drei Fällen wird man in diesen Abbildungen Spuren des Wilson'schen Phänomens wahrnehmen. Daß die dunkeln Flecken wirklich Vertiefungen, trichterförmige Oeffnungen in der Photosphäre sind, ist übrigens aus andern Beobachtungen ohnehin sehr wahrscheinlich.

39. S. 120. In der deutschen Uebersetzung des Weltbeschauers (von 1761), S. 189; man ist hier der französischen Uebersetzung gefolgt. — Dort heißen die Flecken „röthlich-schwarze Wölkchen".

40. S. 122. Bemerkung vom 22. Sept. 1792: „Die ganze Scheibe ist sehr stark mit Unebenheiten gezeichnet, wie eine Orange; einige der tiefsten Stellen dieser Ungleichheiten sind schwärzlich."

41. S. 124. Sir W. Herschel in den Additional Observations tending

to investigate the Symptoms of the variable emission of the light and heat of the Sun (1801).

42. S. 125. Schon zwanzig Jahre vor Gascoigne hatten Johannes Tarde (vergl. S. 111 dieses Bandes) und späterhin Malapertius, jener 1620, dieser 1633, dieselbe Erklärungsweise aufgestellt. Vergl. Kosmos Bd. III. S. 409, Anm. 9. Diese Meinung von der Natur der Sonnenflecken muß viel später bei Einigen Geltung behalten haben; auch Otto Guericke hing ihr noch an in seinem Werke Experimenta nova ut vocantur Magdeburgica de vacuo spatio.

43. S. 126. Lalande vorzüglich in den pariser Memoiren vom Jahre 1776 und §. 3240 seiner Astronomie. Der Haupteinwand, den Arago S. 127 des Textes erhebt, ließe sich auch in der Lahire'schen Vorstellungsweise einfach genug zurückweisen. Theilt sich nämlich ein Kern während seiner Sichtbarkeit auf der Scheibe in zwei gesonderte Kerne, so könnte sich die leuchtende Sonnenatmosphäre, welche vorher den dunkeln Berg bis zu einer gewissen Tiefe bloslegte, unterdessen so weit gehoben haben, daß nur die obere Spitze des Berges, die füglich aus zwei Gipfeln bestehen kann, noch hervorzuragen fortfährt.

44. S. 130. In den Beschäftigungen der Berlinischen Gesellschaft Naturforschender Freunde, 2. Bd., Berlin 1776: Gedanken über die Natur der Sonne und Entstehung ihrer Flecken. Siehe besonders S. 238 u. f.

45. S. 134. Wie A. v. Humboldt bemerkt (Kosmos III. Bd. S. 416), findet sich dieselbe Meinung über die Ursache des Leuchtens der Photosphäre der Sonne bereits beim dänischen Astronomen Horrebow. Der dort gegebene Nachweis ist dahin zu berichtigen, daß nicht Horrebow's Schrift Basis Astronomiae (1735), sondern sein im Jahre 1725 erschienenes Werk Clavis Astron. §. 226 nachzulesen ist.

46. S. 140. Vergl. Struve's Etudes d'Astronomie Stellaire, Petersb. 1847, S. 7, und Anm. 14, S. 384 des 1. Bds. dieser Astronomie.

47. S. 144. Ausführlicher gleichfalls bei Struve, S. 4 und 5, dargelegt. Bei Keppler selbst kann man nachlesen den zweiten Theil des im Jahre 1618 zu Linz erschienenen ersten Buches der Epitome Astronomiae Copernicanae, S. 35.

48. S. 148. Bouguer in der lateinischen Uebersetzung: Optice de diversis luminis gradibus dimetiendis, Wien 1762, S. 43.

49. S. 153. Von der Vergleichung des Sonnenlichtes mit intensiven künstlichen Lichtern handelt ausführlicher Humboldt im Kosmos III. Bd. S. 397.

50. S. 153. Neben den noch mancherlei Einwänden unterliegenden Wärmemessungen Secchi's auf der Sonnenoberfläche (siehe die letzten Jahrgänge der Comptes Rendus an mehreren Stellen), hätten die schon 1845 ausgeführten Messungen derselben Art Erwähnung verdient, welche Henry in Nordamerika ausgeführt hat. Kosmos III. Bd. S. 398 und 419; Poggendorf's Annalen Bd. 68, S. 101.

51. S. 154. Aehnliche Untersuchungen über die ungleiche Vertheilung der Wärme auf der Sonnenoberfläche haben angestellt Nerwander im Bulletin de la cl. phys.-math. de l'Acad. de St. Pétersbourg, Vol. III. S. 30—32; Carlini

im Giornale dell' J. R. Istit. Lombardo VI, 1846; ferner d'Arrest im 37. Bde. der Astronomischen Nachrichten und Buys-Ballot im 68. und 84. Bde. von Poggend. Annalen. Siehe auch Mädler in seiner Astron. S. 129.

52. S. 156. Im französischen Texte steht irrthümlich 1550—1670; in den Angaben für die Häufigkeit der Flecken folgt der Verfasser hier genau Jak. Cassini und Lalande.

53. S. 160. Noch vor Secchi haben auf die Möglichkeit eines Zusammenhanges der Perioden der magnetischen Variationen mit der Periode für die Häufigkeit der Sonnenflecken fast gleichzeitig hingewiesen Gautier, Sabine und R. Wolf. Siehe des Letzteren oben (Anm. 33) citirte Abhandlung; auch Biblioth. univers. de Genève, Julius u. August 1852; Philos. Trans. und Septemberheft des Philos. Magazine für 1852; Astron. Nachrichten Bd. XXXV. S. 59. Die, wenn sie begründet ist, ungemein wichtige Thatsache bedarf jedenfalls noch der Bestätigung durch lange Reihen nachfolgender Beobachtungen.

Funfzehntes Buch.

Thierkreislicht oder Zodiacallicht.

Erstes Kapitel.

Aussehen des Phänomens.

Das Thierkreislicht ist ein Phänomen, das in unseren Gegenden zu gewissen Jahreszeiten nach dem Untergange und vor dem Aufgange der Sonne wahrgenommen wird.

Dies Licht hat die Form einer sehr verlängerten Ellipse oder Spindel, welche sich in der Richtung des Thierkreises (Zodiacus) erstreckt. Am 6. October 1680 erschien Fatio de Duillier die Spitze der Spindel durch zwei unter 26° gegeneinander geneigte gerade Linien gebildet [1]).

Die Ausdehnung des Thierkreislichtes bleibt sich nicht gleich, oder es wird wenigstens seine Größe in Graden nicht immer übereinstimmend angegeben; die für die große Axe desselben angegebenen Werthe schwanken von 40 bis 100°. Den Werth von 100° fand Cassini am 4. Februar 1687, und später auch Mairan. Für die kleine Axe der Basis, welche der Sonne entspricht, liegen die angeführten Werthe zwischen 8° und 30°. Ich füge noch hinzu, daß Euler glaubte, die Materie, welche dieses Licht hervorbringt, könne sich nicht auf die Sonne stützen, sondern umgebe dieselbe in einer gewissen Entfernung in Gestalt eines Ringes, wie der Ring des Saturn diesen Planeten. Der starke Glanz des Sonnenlichtes im Verhältniß zu dem Scheine des Thierkreislichtes wird aber wahrscheinlich eine experimentelle Prüfung dieser Ansicht niemals gestatten [2]).

Das Thierkreislicht folgt bei seiner täglichen Bewegung den Sternbildern, in welchen es sich zeigt; es geht mit ihnen auf und unter. Aus der Vergleichung der während eines Monats gemachten Beobachtungen mit den im Laufe des folgenden angestellten erkennt man aber, daß es mit einer eigenen Bewegung begabt ist, welche wie die der Sonne von West nach Ost gerichtet ist.

Das Licht der Dämmerung reicht hin, um das Thierkreislicht unsichtbar zu machen; „man würde es," sagt Cassini, „vergeblich suchen in den Zeiten des Jahres, wo die Dämmerung lange dauert, also wenn die Zeichen des Thierkreises infolge der Schiefe der Ekliptik sich gewissermaaßen am Horizonte hinziehn, und wenn der Mond leuchtet." In Bezug auf Durchsichtigkeit und Farbe kann nach dem Ausspruche dieses großen Astronomen das Thierkreislicht verglichen werden mit dem Schweife eines Kometen, und in der That hindert der Lichtschein desselben nicht, die kleinsten Sterne, vor denen es sich hinzieht, zu erkennen. Cassini glaubte in demselben ein momentanes Funkensprühen (Auflodern) zu bemerken. Mairan, der dieselbe Beobachtung machte, spricht seine Bemerkung nicht ohne große Vorsicht aus [3]).

Wenn das Thierkreislicht sich kreisförmig um den Aequator der Sonne ausdehnt, so können wir es nur in der Richtung seiner Dicke sehen, wenn sich die Erde in der Ebene dieses Aequators befindet, d. h. im Juni und December. Die günstigsten Zeiten zu seiner Beobachtung sind die Monate März und September; dann muß aber in der eben gemachten Voraussetzung das Thierkreislicht die Gestalt einer sehr verlängerten Ellipse darbieten.

Man erkennt wohl, daß in den Aequinoctialgegenden, wo das Thierkreislicht sich fast in senkrechter Richtung über den Horizont erhebt, die Beobachtung dieses Phänomens sich mit Leichtigkeit und Genauigkeit ausführen läßt [4]).

Mein hochberühmter Freund Alexander von Humboldt beschreibt in seinem Kosmos den Eindruck, welchen das Thierkreislicht auf den Reisenden hervorbringt, der an der Beobachtung der leuchtenden Phänomene des Himmelsgewölbes Interesse nimmt und unsere Gegenden verläßt, um sich nach der heißen Zone zu begeben [5]). „Die auffallend stärkere Lichtintensität der Erscheinung in Spanien, an der Küste von

Valencia und in den Ebenen Neu-Castiliens, hat mich zuerst, ehe ich Europa verließ, zu anhaltender Beobachtung angeregt. Die Stärke des Lichtes, man darf sagen der Erleuchtung, nahm überraschend zu, je mehr ich mich in Südamerika und in der Südsee dem Aequator näherte. In der ewig trockenen heiteren Luft von Cumana, in den Grassteppen (Llanos) von Carracas, auf den Hochebenen von Quito und der mexikanischen Seen, besonders in Höhen von acht- bis zwölftausend Fuß, in denen ich länger verweilen konnte, übertraf der Glanz bisweilen den der schönsten Stellen der Milchstraße zwischen dem Vordertheile des Schiffes und dem Schützen, oder, um Theile unserer Hemisphäre zu nennen, zwischen dem Adler und Schwan."

Cassini's Beobachtungen zufolge erscheint das Thierkreislicht in unseren Gegenden allgemein an seinem nördlichen Rande schärfer begrenzt, als an dem entgegengesetzten. Nach demselben Astronomen soll es des Morgens weniger hell und ausgedehnt sein, als am Abend. Man würde also annehmen müssen, daß für gewöhnlich die Ekliptik dasselbe der Länge nach nicht in zwei vollkommen gleiche Theile schneidet, und daß es nördlich davon eine größere Breite hat als südlich. Diese letzte Angabe wird durch die in den Jahren 1685 und 1686 von Fatio de Duillier zu Genf gemachten Beobachtungen bestätigt.

Aus allen zu Paris und Genf gemachten Beobachtungen läßt sich mit Sicherheit der Schluß ziehen, daß die Intensität des Thierkreislichtes nicht immer dieselbe ist, sondern sich von einem Jahr zum andern, und selbst innerhalb weniger Tage, beträchtlich ändert. Die größere oder geringere Durchsichtigkeit der Atmosphäre scheint die von geschickten Astronomen aufgezeichneten Aenderungen nur theilweise erklären zu können[6].

Zweites Kapitel.

Entdeckung des Thierkreislichtes.

Gewöhnlich schreibt man Childrey die Entdeckung, oder wenn man will, die erste Beobachtung des Thierkreislichtes zu. Dieser

Schriftsteller [7]) sagt in seiner 1661 erschienenen Britannia Baconica, „er habe während mehrerer aufeinander folgenden Jahre im Monat Februar, wenn die Dämmerung den Horizont verlassen hat, einen sehr leicht zu bemerkenden Streifen wahrgenommen, der sich von der Dämmerung gerade nach den Plejaden hinzieht, und dieselben zu erreichen scheint."

Andere Schriftsteller, unter denen ich Mairan nenne, behaupten, daß diese Art von Licht schon im Alterthume sichtbar war. „Nicephorus," sagt der Verfasser des Traité physique et historique de l'aurore boréale, „berichtet, daß nach der Eroberung Roms durch Alarich sich eine große Sonnenfinsterniß ereignete, während welcher man am Himmel ein Licht sah, das die Gestalt eines Kegels hatte. Der griechische Geschichtschreiber behandelt diejenigen als Unwissende, welche dieses Licht für einen Kometenschweif hielten [8])."

Es ist merkwürdig, daß man in der neuern Zeit bei Beobachtung totaler Sonnenfinsternisse niemals eine Spur vom Thierkreislichte, wenigstens nicht in seiner Gestalt wie eine Lanzenspitze wahrgenommen hat. Diese Erscheinung scheint mir indeß sehr einfach erklärt werden zu können. Man hat nämlich gefunden, daß im Frühjahr und Herbst das Thierkreislicht nur mit Mühe wahrgenommen wird, wenn die Nacht soweit eingetreten ist, daß man die Sterne dritter und vierter Größe mit bloßen Augen erkennt. Nun strahlt aber die leuchtende Corona, welche den Mond während der totalen Verfinsterung der Sonne umgibt, noch so viel Helligkeit in die Atmosphäre, daß man in der Nähe dieser beiden Himmelskörper Sterne von der angegebenen Größe nicht sehen kann. Ich habe allen Grund, die vorstehenden, der Photometrie entlehnten Vergleichungen für zuverlässig zu halten; jedenfalls würde nach meiner Voraussetzung die Abwesenheit des eigentlich sogenannten Thierkreislichtes während der Sonnenfinsternisse nur ganz den vorhandenen Verhältnissen angemessen sein.

Drittes Kapitel.

Ueber die Erklärungen des Thierkreislichtes.

Die ersten wirklich wissenschaftlichen Untersuchungen, welche über diesen Lichtschein gemacht sind, datiren vom Monat März 1683; wir verdanken sie J. Dom. Cassini. Dieser große Astronom glaubte, daß das Thierkreislicht im Jahr 1665 noch nicht vorhanden, oder wenigstens außerordentlich schwach war. Hier seine Beweise:

„Ich beobachtete," sagt er, „im Februar und März dieses Jahres einen sehr schwachen Kometen in der Gegend, wo sich dieses Licht finden mußte; indeß erwähnen meine Tagebücher desselben nicht."

Doch scheint es mir der Klugheit gemäß zu sein, dieser Versicherung des berühmten Beobachters nur das Vertrauen zu schenken, das man in allen Angelegenheiten negativen Beweisgründen beimessen darf.

J. Dom. Cassini vermuthete ferner, daß das Thierkreislicht ähnliche abwechselnde Veränderungen zeige, wie die Sonnenflecken; er nahm an, daß die Sonne in der Ebene ihres Aequators eine etwas grobe Materie, welche das Licht zurückzuwerfen vermöge, bis über die Venusbahn hinausschleudern könne, und dieß wäre der Ursprung dieses hellen Scheins.

Andere Astronomen haben angenommen, daß das Thierkreislicht die äußersten Grenzen der Sonnenatmosphäre in der Aequatorebene dieses Gestirns bezeichne. Dieser Ansicht indeß stellt sich eine unüberwindliche durch die Mechanik erhobene Schwierigkeit entgegen, von der ich eine Vorstellung zu geben versuchen will; dieselbe wird später noch vollständiger gewürdigt werden, wenn ich die Ursache, welche die planetarischen Bewegungen erhält, werde erläutert haben. Die Atmosphären aller Himmelskörper nahmen mit der Zeit infolge der Reibung ihrer verschiedenen übereinanderliegenden Schichten eine gemeinschaftliche Umdrehungsbewegung an, welche der Umdrehungsbewegung des von ihnen eingehüllten centralen Körpers gleichkommt. Für die Sonne würde sich die Dauer dieser Umdrehung auf $25^1/_2$ Tage belaufen. Dieß würde auch die Umdrehungszeit der Materie sein, welche uns das Thierkreislicht bis zu seinen von der Sonne entferntesten Theilen

sichtbar macht. Es ist aber leicht durch die Rechnung zu erkennen, daß diese Materie bis zur Erdbahn reicht, wenn sie einen Bogen von 90° umspannt. Die Centrifugalkraft, welche für die Grenzen des Thierkreislichtes aus einer solchen Bewegung hervorgehen müßte, würde durch die anziehende Kraft der Sonne nicht im Gleichgewicht gehalten werden können, weil für die Venus und die Erde, für welche dies Gleichgewicht besteht, die Zeiten eines Umlaufs um die Sonne beziehlich 225 und 365 Tage betragen. Die Materie des Thierkreislichtes würde sich also sehr schnell in den Raum zerstreuen.

Die Anhänge, welche die Kometen fast stets begleiten und unter dem Namen der Schweife bekannt sind, sind mit diesen Himmelskörpern nur durch eine sehr schwache anziehende Kraft verbunden; man darf daher annehmen, daß zur Zeit ihres Durchgangs durch das Perihelium die Materie, aus der sie bestehen, sich von dem sogenannten Körper desselben durch die Einwirkung der Sonne trennt, und endlich aufhört, sich um dieselbe zu bewegen. Dieß soll nach verschiedenen Theoretikern der Ursprung der Materie sein, welche uns das Thierkreislicht erscheinen läßt, wobei diese Materie selbstleuchtend sein oder uns auch nur die Strahlen der Sonne zurückwerfen könne. Indeß ließe sich bei dieser Annahme mit Recht die Frage aufwerfen, warum die Materie der Schweife sich ausschließlich um den Sonnenäquator anhäufe, da doch die Bahnen der Kometen, und folglich auch die ursprünglichen Bahnen ihrer Schweife alle möglichen Winkel mit diesem Aequator bilden.

In den Abhandlungen der berliner Akademie (Bd. 2, 1748) hat Euler eine Theorie gegeben, welche gleichzeitig die Erklärung der Kometenschweife, der Nordlichter und des Thierkreislichtes umfaßt. Danach hat die Atmosphäre der Sonne in den Theilen, welche den Aequatorialgegenden dieses Gestirnes entsprechen, eine ungeheure Ausdehnung. Diese Ausdehnung soll das Resultat sein eines Stoßes der Sonnenstrahlen auf die feinen Molecüle, welche in der ursprünglichen Atmosphäre enthalten waren, eines Stoßes, dessen Einwirkung die natürliche Schwere dieser Molecüle gegen die Sonne verminderte.

Es ist überraschend, daß ein entschiedener Anhänger des Undulationssystemes, daß ein heftiger Gegner der Newton'schen Emis-

sionstheorie dem Stoße der Sonnenstrahlen eine so große Rolle zugewiesen hat.

Die von dem Verfasser angeführten Versuche über die Bewegungen, welche die Molecüle eines im Brennpunkte eines Hohlspiegels oder einer converen Glaslinse befindlichen Körpers erfahren, liefern keinen überzeugenden Beweis für das Vorhandensein eines solchen Stoßes.

Manche haben die Ansicht ausgesprochen, daß das Thierkreislicht die Wirkung der Brechung des Sonnenlichtes in der Erdatmosphäre sei (Young, Lect. Bd. 1, S. 502). Wäre dem aber so, warum erhöbe sich das Licht in schiefer Richtung gegen den Horizont? warum erschiene es stets in der Ebene des Sonnenäquators gelegen?

Laplace hat angenommen, daß die Materie des Thierkreislichtes aus den feinsten Theilchen der ursprünglichen Nebelmasse bestehe, aus welcher nach den cosmogenischen Ideen dieses großen Mathematikers durch Verdichtung unsere Sonne und die zu ihrem Systeme gehörigen Planeten entstanden sind [9]). Da diese Molecüle nicht mit der Sonnenatmosphäre verbunden waren, so setzen sie (sagt der Verfasser der Mécanique céleste) in den Entfernungen, in welchen sie ursprünglich waren, und mit unbekannten Geschwindigkeiten, welche nicht aus der Geschwindigkeit der eigentlichen Sonnenatmosphäre hergeleitet werden können, ihren Umlauf fort. Nach Laplace würde also das Thierkreislicht durch Molecüle gebildet werden, die von einander unabhängig sind, und mit ihrer Entfernung von der Sonne und der anziehenden Kraft derselben angemessenen Geschwindigkeiten sich um diesen Himmelskörper bewegen.

Ein italienischer Gelehrter hat vor einigen Jahren eine Erklärung des Thierkreislichtes gegeben, von der meines Erachtens nach in wenig Worten eine klare Vorstellung gegeben werden kann. Er nimmt an, daß die Sonne bei ihrem Fortrücken im Raume infolge der eigenen Bewegung, die in der neuern Zeit sehr umständlich erforscht worden, in einen Nebelfleck eingedrungen ist, den sie von da an mittelst ihrer anziehenden Kraft um ihren Mittelpunkt festhielt. Der Verfasser benutzt diese Hypothese, um über die noch ziemlich neue Erscheinung des Thierkreislichtes Rechenschaft zu geben; er glaubt nämlich, es sei dies Phänomen vor dem Anfange des sechszehnten Jahrhunderts nicht vorhan-

den gewesen. Wir haben aber gesehen, welche Zweifel über die Zeit, wo dies Licht sich zuerst gezeigt hat, erhoben werden können; wozu noch kommt, daß man nicht einsieht, warum der Nebelfleck, den er eine so große Rolle spielen läßt, nicht vor dem Zeitpunkte, wo die Sonne in seinen centralen Theil einzudringen begann, sichtbar gewesen sein sollte. Diese Bemerkung genügt hoffentlich, um die eben angeführte Erklärung des geheimnißvollen Phänomens in ihrer Richtigkeit zu zeigen.

Schon oben (S. 175) habe ich angeführt, daß sich das Thierkreislicht bis zur Erdbahn erstreckt und in gewissen Fällen selbst sehr beträchtlich darüber hinausreicht. Die Materie, welche dieses Licht erzeugt, oder in welcher das Licht der Sonne zurückgeworfen wird, muß sich also bisweilen mit der Atmosphäre unserer Erde mischen. Darin soll nach Mairan die Ursache der Nordlichter liegen; jener gelehrte Akademiker hat die Wahrscheinlichkeit seiner Vermuthung sehr erhöhen zu können geglaubt, wenn er durch eine Discussion der geringen Zahl von Beobachtungen, über die er verfügen konnte, nachwiese, daß ein innerer Zusammenhang zwischen den häufigen Erscheinungen der Nordlichter und den ungewöhnlichen Längen des Thierkreislichtes bestände. Aber dies letztere Licht ist von den Astronomen und Meteorologen zu selten beobachtet, um die von Mairan angedeutete Uebereinstimmung als eine vollkommen ausgemachte Thatsache betrachten zu können [10]).

Viertes Kapitel.

Ueber die Farben des Thierkreislichtes.

Schon zuvor habe ich erwähnt, daß Cassini zwischen dem Lichte des Thierkreises und der Kometenschweife eine vollständige Uebereinstimmung in Intensität und Farbe zu bemerken glaubte. Nachstehende meinem Beobachtungsjournale entlehnten Auszüge zeigen indeß, daß diese Vergleichung in mehreren Beziehungen ungenau ist. Ich füge noch hinzu, daß meine vergleichenden Bestimmungen der Farben des Thier-

kreislichtes und des Schweifes eines Kometen vollkommen mit denen übereinstimmen, welche sich aus den gleichzeitigen Beobachtungen meiner Mitarbeiter, der Herren Laugier, Mauvais, Eugen Bouvard, Faye und Goujon ergeben.

Am 19. März 1843, 8 Uhr Abends, erstreckte sich das Thierkreislicht bis zu den Plejaden, hatte also 57 bis 58° Höhe; seine Axe war nach ζ im Perseus gerichtet.

Am 27. März erstreckte sich das Thierkreislicht bis zu den Plejaden, sehr wenig links von diesen Sternen. An den vorhergehenden Tagen war die Spitze der leuchtenden Säule augenscheinlich ein wenig nördlicher.

Die Farbe des Thierkreislichtes war, verglichen mit dem Lichte des Schweifes des damals sichtbaren Kometen, augenscheinlich röthlich. Im Jahr 1707 hatte Derham dieselbe Beobachtung gemacht.

Wenn man das Thierkreislicht und den Kometenschweif durch Spalten betrachtete, so sah man deutlich, daß der Schweif weniger glänzend war als die mittlere Region des Thierkreislichtes.

Bis zum 27. März erschien uns die Intensität des Thierkreislichtes ziemlich schwach, aber an jenem Tage kam sie uns merkwürdig und ungewöhnlich stark vor.

Am 28. März schien die Spitze der vom Thierkreislichte gebildeten Säule sich bisweilen nach den Plejaden zu richten, und manchmal selbst bis links von diesen Sternen.

Das Thierkreislicht schien uns schroffe Aenderungen in seiner Intensität zu erleiden; war dies etwa eine Täuschung, welche von Aenderungen in der Durchsichtigkeit der Atmosphäre herrührte? Aehnliche Wechsel wurden in dem Lichte des Kometenschweifes nicht wahrgenommen.

In der Höhe von 7 bis 8° über dem Horizonte betrug Abends 8 Uhr mittlerer Zeit die Breite des Thierkreislichtes 15°.

Am 29. März schien die Spitze des Thierkreislichtes etwas über die Plejaden hinauszugehen; in 7° Höhe war um 8 Uhr Abends mittlerer Zeit die ganze Breite des Lichtes 17°. Die Erscheinung hatte das Fig. 164 dargestellte Aussehen.

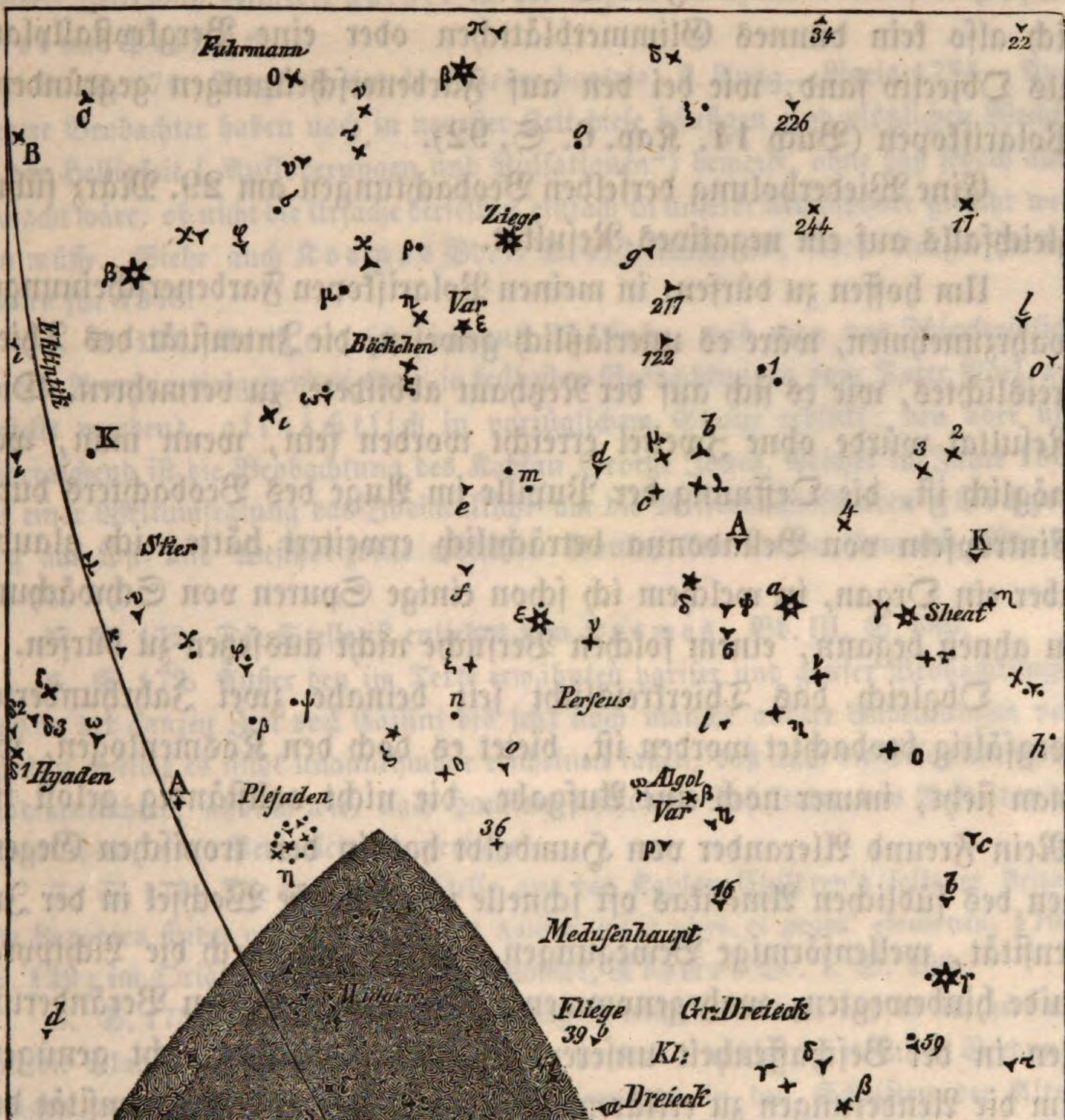


Fig. 164. — Aussehen des Thierkreislichtes zu Paris am 29. März 1843, 8 Uhr Abends*).

Am 28. März war das Thierkreislicht verglichen mit dem Lichte der Milchstraße und des Kometenschweifes gelblich.

Am 29. März war die Färbung des Thierkreislichtes verglichen mit dem Kometenschweife roth, etwas ins Gelbe spielend.

Weder mir noch meinen Mitbeobachtern gelang es am 19. März 1843 in dem Thierkreislichte und in dem Lichte des in seiner Nähe befindlichen Kometenschweifes irgend eine Spur von Polarisation wahrzunehmen. Es dienten zu diesen Versuchen Polariskope, welche sich

*) S ist der Punkt, wo die Sonne untergegangen war.

einfach auf die Aenderung der Intensität des Lichtes stützten, bei denen sich also kein dünnes Glimmerblättchen oder eine Bergkrystallplatte als Objectiv fand, wie bei den auf Farbenerscheinungen gegründeten Polariskopen (Buch 14. Kap. 6. S. 92).

Eine Wiederholung derselben Beobachtungen am 29. März führte gleichfalls auf ein negatives Resultat.

Um hoffen zu dürfen, in meinen Polariskopen Farbenerscheinungen wahrzunehmen, wäre es unerläßlich gewesen, die Intensität des Thierkreislichtes, wie es sich auf der Netzhaut abbildete, zu vermehren. Dies Resultat würde ohne Zweifel erreicht worden sein, wenn man, was möglich ist, die Oeffnung der Pupille im Auge des Beobachters durch Eintröpfeln von Belladonna beträchtlich erweitert hätte; ich glaubte aber ein Organ, in welchem ich schon einige Spuren von Schwächung zu ahnen begann, einem solchen Versuche nicht aussetzen zu dürfen.

Obgleich das Thierkreislicht seit beinahe zwei Jahrhunderten sorgfältig beobachtet worden ist, bietet es doch den Kosmenlogen, wie man sieht, immer noch eine Aufgabe, die nicht vollständig gelöst ist. Mein Freund Alexander von Humboldt hat in den tropischen Gegenden des südlichen Amerikas oft schnelle und schroffe Wechsel in der Intensität, wellenförmige Bewegungen, welche sich durch die Lichtpyramide hinbewegten, wahrgenommen. Die Annahme von Veränderungen in der Beschaffenheit unserer Atmosphäre möchte nicht genügen, um die Aenderungen zu erklären, welche die Gestalt und Intensität des Thierkreislichtes erleidet. Es wäre zu wünschen, daß diese glänzenden Erscheinungen in ganz besonderer Weise die Aufmerksamkeit derjenigen Gelehrten fesselten, welche nach der Neuen Welt reisen, oder besser noch, daselbst ihren Wohnsitz haben.

Anmerkungen der deutschen Ausgabe.

Zum funfzehnten Buch.

1. S. 170. Die Beobachtungen des Fatio de Duillier, welche zu den ersten aus der Entdeckungsperiode gehören, theilt J. D. Cassini mit in seiner Schrift Découverte de la lumière céleste qui parait dans le Zodiaque. Fatio war, im Gegensatze zu Cassini, der Ansicht, daß die Erscheinung zu allen Zeiten bereits dieselbe gewesen sei.

2. S. 170. Außer Euler haben sich für die Ringnatur des Phänomens in späterer Zeit auch erklärt Laplace in der Expos. du Système du Monde, so wie Biot und Poisson.

3. S. 171. Vergl. Traité de l'Aurore boréale, 2. Ausg., Paris 1754. Auch andere Beobachter haben noch in neuester Zeit diese häufigen und plötzlichen Wechsel in der Helligkeit („Aufloderungen und Pulsationen") bemerkt, ohne daß jedoch ausgemacht wäre, ob nicht die Ursache derselben einfach in unserer Atmosphäre gesucht werden müsse. Siehe auch Kosmos Bd. I. S. 412. Anm. 69, sowie Arago im Annuaire für 1846.

4. S. 171. Es ist eine sehr bekannte Thatsache, daß man das Thierkreislicht in den Aequinoctialgegenden (wo die frühesten Beobachtungen vom Pater Noël angestellt wurden), allnächtlich in vorzüglichem Glanze erblickt; neu aber und überraschend ist die Beobachtung des Kaplan George Jones, welcher im Jahre 1854 bei einer Weltumseglung das Zodiacallicht um die Mitternachtsstunden gleichzeitig am Ost- und Westhorizonte erblickte. Gould, The Astron. Journal, Bd. IV. S. 94.

5. S. 172. Die Stelle ist entlehnt dem Kosmos, Bd. III. S. 589.

6. S. 172. Außer den im Texte erwähnten pariser und genfer Beobachtungen sind in der ganzen Zeit von Cassini bis jetzt noch manche andere Andeutungen vorhanden, welche es nicht unannehmbar erscheinen lassen, daß auch die Erscheinung des Zodiacallichtes, ähnlich wie, nach Hansteen's schönem Resultate, das Auftreten des Nordlichtes, einer Periodicität unterliege.

7. S. 173. Die bezügliche Stelle aus des Kaplan Childrey's seltener Britannia Baconica findet man in Gregory's Astronomiae phys. et geom. elementa, 1702, S. 129; im Originaltexte auch bei Humboldt, Kosmos Bd. I. S. 409.

8. S. 173. Ohne weitere Ausführung ist leicht ersichtlich, daß es sich hier nur um die bekannten strahlenden Erscheinungen handelt, welche bei totalen Verdunkelungen der Sonne eintreten. Andere Aeußerungen in den Schriften der Alten, welche auf das Zodiacallicht gedeutet werden können, kommen vor, nach Weidler's Instit. Astron. (Wittenb. 1754, S. 92), bei Aristoteles im 2. Buche der Meteorologie, und in Seneka's Quaest. natur. — Daß wenigstens schon Rothmann im sechzehnten Jahrhunderte das Zodiacallicht bemerkt habe, macht Olbers wahrscheinlich in seinem Briefe an Humboldt. Kosmos Bd. I. S. 413.

9. S. 176. Laplace im 2. Bande der Mécanique céleste und in seiner Expos. du Système du Monde.

10. S. 177. Ueber andere Erklärungsweisen und über den möglichen Zusammenhang des Thierkreislichtes mit dem Novemberphänomen der Sternschnuppen, nach der Meinung von Olmsted und Biot — eine Ansicht, welche übrigens der ursprünglichen des älteren Cassini durchaus nicht fern steht, — vergl. Biot in den Comptes Rendus vom Jahre 1836, T. II S. 663 u. f.

Sechzehntes Buch.

Planetenbewegung.

Erstes Kapitel.

Definitionen.

Planet bedeutet nach der Etymologie des Wortes *) so viel wie Wandelstern oder Irrstern.

Die Alten wollten mit diesem Namen diejenigen Himmelskörper bezeichnen, welche sich an der Himmelskugel in Bezug auf die Firsterne bewegen, d. h. diejenigen, welche keinem bestimmten Sternbilde angehören, sondern nach und nach durch mehrere Sternbilder hindurchgehen. Nach dieser Bestimmung würden also die Sonne, der Mond, welcher die Erde begleitet, die Monde der andern Planeten und die Kometen ebenfalls Planeten sein. Für die Sonne und den Mond hat diese Verwirrung bei einigen alten Astronomen statt gefunden.

Für die Neuern sind Planeten Körper, welche als beinahe kreisförmige Scheiben erscheinen, ihr Licht von der Sonne empfangen und sich um diesen Centralstern in elliptischen Bahnen bewegen.

Schon im ersten Kapitel des vierzehnten Buches, S. 47, habe ich angeführt, daß man Hauptplaneten, deren Zahl acht beträgt, und kleine Planeten oder Asteroiden, deren Anzahl fast täglich wächst, unterscheidet. Ein besonderes Buch wird jedem der Hauptplaneten und ein anderes allen kleinen Planeten zusammen gewidmet werden. Hier

---

*) Vom Griechischen πλανήτης.

werden wir uns mit den allgemeinen Gesetzen der Planeten beschäftigen, und dabei hauptsächlich die Hauptplaneten ins Auge fassen.

Die großen Planeten hat man in obere und untere eingetheilt.

Die untern Planeten sind diejenigen, deren Winkeldistanzen von der Sonne, von der Erde aus gesehen, stets zwischen festen Grenzen eingeschlossen bleiben; es sind Merkur und Venus.

Die obern Planeten sind diejenigen, deren Winkeldistanzen von der Sonne, von der Erde aus gesehen, alle Werthe erhalten können, so daß sie von Zeit zu Zeit sogar zu Punkten gelangen, welche der Sonne gerade gegenüberstehen; es sind Mars, Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun.

Die erstern bezeichnet man auch als innere Planeten und braucht die Benennung äußere für die letztern, weil, wenn man die Erscheinungen des Sonnensystems betrachtet, wie sie wirklich sind und nicht wie sie erscheinen, die Bahnen des Merkur und der Venus von der Erdbahn eingeschlossen liegen, während Mars, die kleinen Planeten, Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun außerhalb der von der Erde um die Sonne beschriebenen Bahn ihren Umlauf vollbringen.

Endlich kann man im Anschluß an die von meinem Freunde Alexander von Humboldt in seinem Kosmos angenommene Eintheilung aus allen Planeten drei Gruppen bilden, indem man als scheidende Zone die zwischen Mars und Jupiter eingeschlossenen kleinen Planeten betrachtet.

Man hat dann erstens die Gruppe der untern Planeten (Merkur, Venus, Erde, Mars), von mittlerer Größe, die relativ ziemlich dicht, wenig abgeplattet und, mit Ausnahme der Erde, ohne Begleiter sind.

Dann kommt die Zwischengruppe der Asteroiden, deren Bahnen eigenthümlich in einander verschlungen und oft sehr stark gegen die Ekliptik geneigt sind.

Die letzte Gruppe der vier äußern Planeten (Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun) zwischen der Zone der Asteroïden und den noch unbekannten Grenzen unseres Sonnengebietes, enthält Gestirne von viel größern Dimensionen, die weniger dicht, stärker abgeplattet und von zahlreichen Trabanten begleitet sind.

Die Hauptplaneten entfernen sich niemals weit von der Ekliptik;

betrachtet man ihre Bewegungen, wie sie von der Erde, diese im Mittelpunkt der Weltkugel angenommen, aus erscheinen, so überschreiten ihre Entfernungen in der Ekliptik nicht 8°. Wenn man sich also eine Zone von 16° Breite denkt, welche die Himmelskugel längs der Ekliptik umgibt und sich zu beiden Seiten dieses Kreises bis auf 8° erstreckt, so erscheinen die Planeten stets in dieser Zone. Dieß ist die Zone,

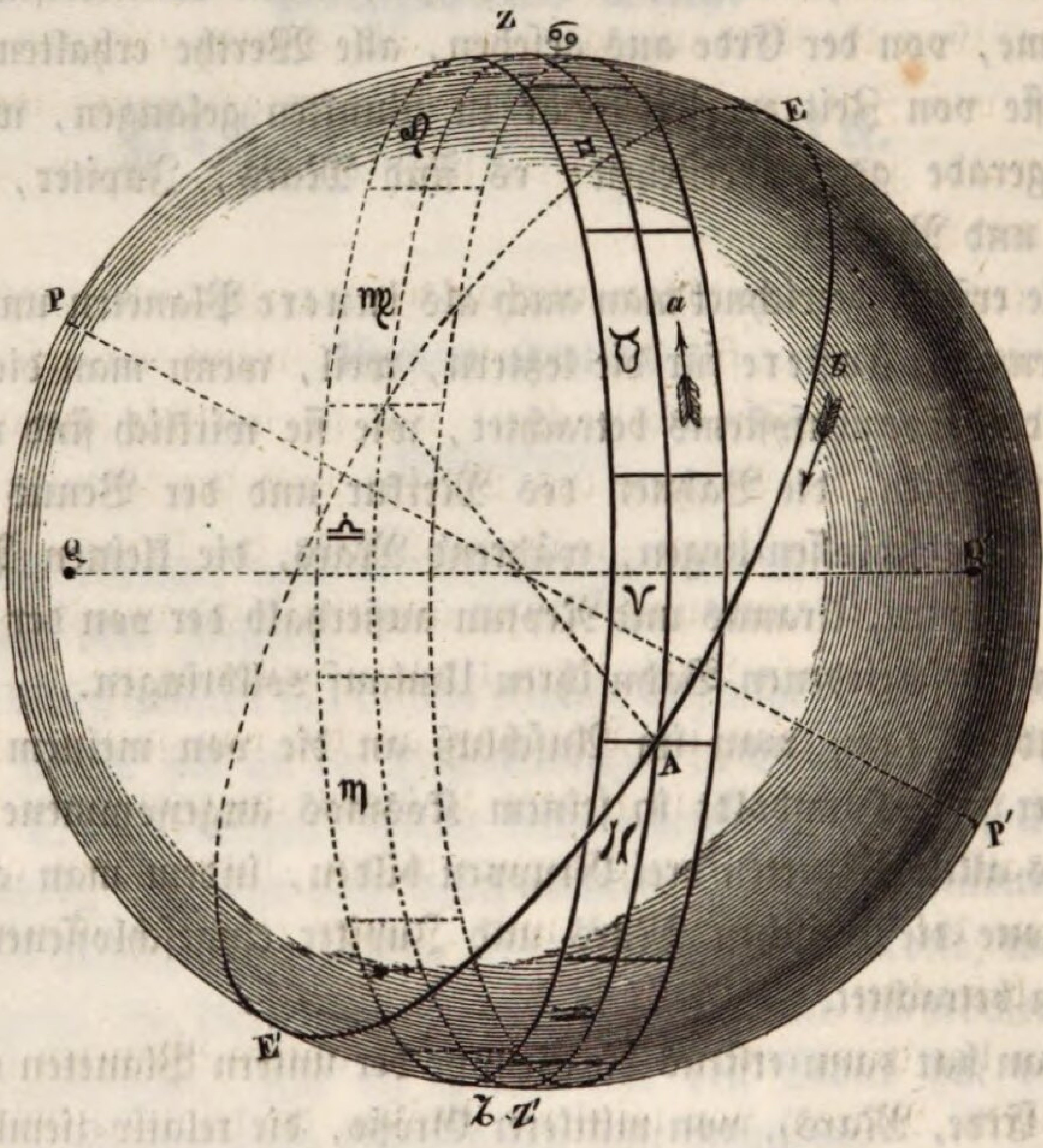


Fig. 165. — Der Zodiacus oder Thierkreis.

(Fig. 165), welche die Alten den Zodiacus nannten, und die in zwölf gleiche Theile, jeder je einem der zwölf Zeichen des Thierkreises (Bd. 11, S. 280) entsprechend, getheilt wird.

Zweites Kapitel.

Von der Entdeckung der Planeten.

„Von den sieben Weltkörpern," sagt Herr von Humboldt[1]), „welche seit dem höchsten Alterthume durch ihre stets veränderte relative Entfernung unter einander von den gleiche Stellung und gleiche Abstände scheinbar bewahrenden, funkelnden Sternen des Fixsternhimmels (Orbis inerrans) unterschieden worden sind, zeigen sich nur fünf: Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn, sternartig, quinque stellae errantes. Die Sonne und der Mond blieben, da sie große Scheiben bilden, auch wegen der größeren Wichtigkeit, die man in Folge religiöser Mythen an sie knüpfte, gleichsam von den übrigen abgesondert. So kannten nach Diodor (II, 30) die Chaldäer nur 5 Planeten; auch Plato, wo er im Timäus nur einmal der Planeten erwähnt, sagt ausdrücklich: „um die im Centrum des Kosmos ruhende Erde bewegen sich der Mond, die Sonne und fünf andere Sterne, welchen der Name Planeten beigelegt wird; das Ganze ist also in 7 Umgängen *)." Ebenso werden in der alten pythagorischen Vorstellung vom Himmelsgebäude nach Philolaus unter den 10 göttlichen Körpern, welche um das Centralfeuer (den Weltheerd ἑστία) kreisen, „unmittelbar unter dem Fixsternhimmel" die fünf Planeten genannt **); ihnen folgten dann Sonne, Mond, Erde und die ἀντίχθων (die Gegenerde). Selbst Ptolemäus redet immer nur noch von 5 Planeten. Die Aufzählung der Reihe von 7 Planeten, wie sie Julius Firmicius unter die Decane vertheilt ***), wie sie der von mir an einem andern Orte †) untersuchte Thierkreis

---

*) Plato im Timäus p. 38 Steph.

**) Böckh de Platonico systemate coelestium globorum et de vera indole astronomiae Philolaicae p. XVII, und derselbe im Philolaos 1819, S. 99.

***) Jul. Firmicus Maternus, Astron. libri VIII (ed. Pruckner, Basil. 1551) lib. II. cap. 4; aus der Zeit Constantins des Großen.

†) Humboldt, Monumens des peuples indigènes de l'Amérique, Tom. II. p. 42—49. Herr von Humboldt hat schon damals (1812) auf die Analogien des Thierkreises von Bianchini mit dem von Dendera aufmerksam gemacht. Vergl. Le-

von Bianchini (wahrscheinlich aus dem dritten Jahrhundert nach Chr.) darstellt und sie ägyptische Monumente aus den Zeiten der Cäsaren enthalten, gehört nicht der alten Astronomie, sondern den spätern Epochen an, in welchen die astrologischen Träumereien sich überall hin verbreitet hatten. Daß der Mond in die Reihe der 7 Planeten gesetzt wird, muß uns nicht wundern, da von den Alten, wenn man eine denkwürdige Attractions-Ansicht des Anaxagoras (Kosmos, Bd. II, S. 348 und 501, Anm. 27) ausnimmt, fast nie seiner näheren Abhängigkeit von der Erde gedacht wird. Dagegen sind nach einer Meinung über den Weltbau, welche Vitruvius*) und Martianus Kapella**) anführen, ohne ihren Urheber zu nennen, Merkur und Venus, die wir untere Planeten nennen, Satelliten der selbst um die Erde kreisenden Sonne."

In den ältesten Zeiten scheint man übrigens keine Vorstellung von der Regelmäßigkeit in den Gesetzen der Planetenbewegungen gehabt zu haben. So legten, nach dem Berichte Diodor's von Sicilien, die Egypter den Planeten gute und böse Eigenschaften bei, und bedienten sich ihrer zu Prophezeiungen. Bei den Chaldäern sollten sie Regen, Stürme, außerordentliche Hitze, Erdbeben u. s. w. anzeigen; auch standen sie den Geburten vor.

Plato stellte den Mathematikern die Aufgabe, die Bewegung der Planeten zu erklären; er verdient als einer der ersten Förderer der planetarischen Astronomie betrachtet zu werden (Delambre, Histoire de l'Astronomie ancienne, I, 17).

Um die erste Entdeckung neuer Planeten anzutreffen, muß man bis zum Ende des achtzehnten Jahrhunderts fortgehen; die neuen Entdeckungen haben zwei Hauptplaneten und eine große Anzahl kleiner Planeten kennen gelehrt.

Das Verzeichniß der großen Planeten enthält:

---

tronne, Observations critiques sur les représentations zodiacales, p. 97, und Lepsius, Chronologie der Aegypter 1849, S. 80.

*) Vitruv de Architectura IX, 4.

**) De nuptiis philos. et Mercurii lib. VIII., ed. Grotii 1539, p. 289.

Merkur ☿ Venus ♀ Erde ♁ Mars ♂ Jupiter ♃ Saturn ♄	schon im Alterthume bekannt.

Uranus ⛢, von William Herschel zu Bath am 13. März 1781 entdeckt.

Neptun ♆, von Galle in Berlin am 23. September 1846 nach Le Verrier's Anweisung entdeckt.

Die Entdeckung der kleinen Planeten fällt ganz in unser Jahrhundert; im Augenblick, wo ich dieß schreibe, kennt man 26. Das Verzeichniß, welches ich hier beginne, wird nach Maßgabe von neuen Entdeckungen dieser teleskopischen Himmelskörper durch einige Astronomen, welche sich mit ihrer Aufsuchung beschäftigen, vervollständigt werden müssen*). Die Namen der Planeten nebst den von den Astronomen zur Abkürzung für dieselben angenommenen Zeichen sind folgende:

Name.	Zeichen.	Name des Entdeckers.	Ort der Entdeckung.	Zeit der Entdeckung.
Ceres	⚳ oder ①	Piazzi	Palermo	1. Januar 1801
Pallas	⚴ oder ②	Olbers	Bremen	28. März 1802
Juno	⚵ oder ③	Harding	Lilienthal	1. September 1804
Vesta	⚶ oder ④	Olbers	Bremen	23. März 1807
Asträa	oder ⑤	Hencke	Driesen	8. December 1845
Hebe	oder ⑥	Hencke	Driesen	1. Juli 1847
Iris	oder ⑦	Hind	London	23. August 1847
Flora	oder ⑧	Hind	London	18. October 1847
Metis	oder ⑨	Graham	Markree-Castle	25. April 1848
Hygiea	⑩	Gasparis	Neapel	14. April 1849
Parthenope	⑪	Gasparis	Neapel	11. Mai 1850

*) Dem oben ausgesprochenen Wunsche Arago's gemäß sind die seit seinem Tode (2. October 1853) neuentdeckten kleinen Planeten nachgetragen worden.

Name.	Zeichen.	Name des Entdeckers.	Ort der Entdeckung.	Zeit der Entdeckung.
Victoria	(12)	Hind	London	13. Septemb. 1850
Egeria	(13)	Gasparis	Neapel	2. November 1850
Irene	(14)	Hind	London	19. Mai 1851
Eunomia	(15)	Gasparis	Neapel	29. Juli 1851
Psyche	(16)	Gasparis	Neapel	17. März 1852
Thetis	(17)	Luther	Bilk, bei Düsseldorf	17. April 1852
Melpomene	(18)	Hind	London	24. Juni 1852
Fortuna	(19)	Hind	London	22. August 1852
Massalia	(20)	Gasparis Chacornac	Neapel Marseille	19. Septemb. 1852 20. Sept., Morgens
Lutetia	(21)	Goldschmidt	Paris	15. November 1852
Calliope	(22)	Hind	London	16. November 1852
Thalia	(23)	Hind	London	15. December 1852
Phocäa	(24)	Chacornac	Marseille	6. April 1853
Themis	(25)	Gasparis	Neapel	6. April 1853
Proserpina	(26)	Luther	Bilk	5. Mai 1853
Euterpe	(27)	Hind	London	8. November 1853
Bellona	(28)	Luther	Bilk	1. März 1854
Amphitrite	(29)	Marth	London	1. März 1854
Urania	(30)	Hind	London	22. Juli 1854
Euphrosyne	(31)	Ferguson	Washington	1. September 1854
Pomona	(32)	Goldschmidt	Paris	26. October 1854
Polyhymnia	(33)	Chacornac	Paris	28. October 1854
Circe	(34)	Chacornac	Paris	6. April 1855
Leucothea	(35)	Luther	Bilk	19. April 1855

Drittes Kapitel.

Scheinbare Bewegungen der Planeten von der Erde aus gesehen.

Bei der Beobachtung eines Planeten mit bloßen Augen bemerken wir unmittelbar, daß dieser Himmelskörper an der täglichen Umdrehung

des gestirnten Himmels theilnimmt, erkennen aber auch ferner ohne weitere Schwierigkeit, daß er die Sterne, welche ihn anfänglich zu begleiten schienen, bald verläßt.

Wenn wir für jeden Tag den Ort, welchen der Planet einnimmt, z. B. durch Beobachtung an einem Meridianfernrohre oder Mauerkreise bestimmen (wie wir es Bd. 11. S. 222 gethan haben, um uns von der Bewegung der Sonne Rechenschaft zu geben), so haben wir damit alle Orte, welche derselbe im Laufe eines Jahres einnimmt, und können auf die Oberfläche einer Kugel, welche den gestirnten Himmel darstellt, den scheinbar vom Planeten durchlaufenen Weg mit Genauigkeit verzeichnen.

Wir werden dann finden, daß die Planeten sich mit sehr ungleichen Geschwindigkeiten bewegen, daß sie zu gewissen Zeiten still zu stehen scheinen, und in Bezug auf die Sterne bald von Westen nach Osten, bald von Osten nach Westen gehen. Diese Art oscillatorischer Bewegung wird bei allen Planeten wahrgenommen, nur sind die Amplituden derselben bei den verschiedenen Planeten verschieden.

Man nennt die Bewegung rechtläufig, wenn sie von West nach Ost gerichtet ist, rückläufig bei entgegengesetzter Richtung. Der Planet scheint still zu stehen, wenn die Bewegung ihre Richtung zu ändern im Begriff ist; es vermindert sich gegen diesen Zeitpunkt hin die Geschwindigkeit seines Fortrückens, bis sie endlich Null wird, und dann in gleichem oder entgegengesetztem Sinne wieder wächst.

Die Figuren 166 und 167 (S. 192) stellen die scheinbaren Bewegungen der sechs Hauptplaneten Merkur, Venus, Mars, Jupiter, Saturn und Uranus während des Jahres 1856 dar.

Bei der Construction dieser beiden Figuren hat man angenommen, daß ein Cylinder, welcher die Himmelskugel längs des Aequators berührt, ohne merklichen Fehler die Fläche derselben bis auf eine Weite von 40° auf beiden Seiten des Aequators ersetzen könne, und dann die Oberfläche dieses Cylinders abgewickelt, indem man sie in einer durch den Frühlingsnachtgleichenpunkt gehenden Linie durchschnitten dachte. Auf diese Weise finden sich die in Stunden oder Graden ausgedrückten Rectascensionen nach der Horizontalen, und

die nördlichen und südlichen Declinationen nach der Verticalen abgewickelt. Man erhält die Wege eines Planeten leicht, wenn man seine Coordinaten für jeden Tag in die Figur einträgt, und die Reihe der so erhaltenen Punkte durch eine fortlaufende krumme Linie verbindet. Die Ekliptik oder die von der Sonne beschriebene Bahn wird auf gleiche Weise verzeichnet.

Während die Sonne, wie wir es früher (Bd. 11. S. 223) schon ausgesprochen haben, in einem Jahre eine stetige krumme Linie ohne irgend eine Art Zickzack zu durchlaufen scheint, sieht man, daß die Planeten in Bezug auf die in denselben Figuren 166 und 167 eingezeichneten Sternbilder scheinbar krumme Linien beschreiben, die außerordentlich verwickelt sind und in keinem in die Augen fallenden Zusammenhange mit den Positionen der Sterne stehen, auf die man ihre Bewegungen beziehen möchte. Vergleicht man aber die so gezeichneten scheinbaren Wege, so findet man leicht die Verschiedenheiten in den Winkelgeschwindigkeiten, welche die Planeten darbieten, indem einige von ihnen in einem Jahre den ganzen Umlauf an der Himmelskugel machen, während die andern nur mehr oder weniger beschränkte Bogen durchlaufen.

Wenn man gleichzeitig, so wie man jeden Tag den Ort der Planeten an der Himmelskugel bestimmt, die Durchmesser dieser Himmelskörper durch dieselben Verfahren, welche ich oben (Buch 14. Kap. 2. S. 48 fg.) für die Sonne angegeben habe, mißt, so findet man, daß diese Durchmesser sich beständig ändern; was leicht durch die Aenderungen in den Entfernungen der Planeten von der Erde seine Erklärung findet. Man beobachtet dann auch außerdem, daß gewisse Planeten, Merkur, Venus und selbst Mars ihr Ansehen ändern, daß sie eine Reihe von Phasen durchlaufen, daß sie bald eine volle, bald eine halb erleuchtete Scheibe, bald auch nur eine leuchtende Sichel zeigen.

Viertes Kapitel.

Scheinbare Bewegungen der Planeten, bezogen auf die scheinbare Bewegung der Sonne.

Alle im Vorhergehenden angeführten Erscheinungen zeigen, daß die Planeten nicht mit den Sternen zusammengestellt werden können, daß man sie vielmehr mit der Sonne in Beziehung zu setzen suchen muß, mit deren scheinbarer Bahn sie, wie gleich der erste Anblick der Figuren 166 und 167 lehrt, in engen Beziehungen stehen. Eine solche Vergleichung der scheinbaren Bewegungen der Sonne und der Planeten zeigt zunächst, daß die größten Geschwindigkeiten, sowohl bei der rechtläufigen als auch der rückläufigen Bewegung stets dann statt haben, wenn die Mittelpunkte der Erde, der Sonne und des beobachteten Planeten eine gerade Linie zu bilden scheinen. Man erkennt ferner, daß die sogenannten unteren Planeten, Merkur und Venus, sich von der Sonne nur bis zu ziemlich kleinen Winkeldistanzen entfernen, während die oberen Planeten alle möglichen Winkeldistanzen von dem strahlenden Gestirne annehmen.

Wenn ein Planet, von der Erde aus gesehen, links von der Sonne steht, so sagt man, er befinde sich in östlicher Digression; dieselbe heißt dagegen westlich, wenn der Planet rechts von der Sonne wahrgenommen wird.


Ein Planet befindet sich mit der Sonne in Conjunction, wenn er zwischen Sonne und Erde steht; er ist in Opposition mit der Sonne, wenn die Erde zwischen ihm und der Sonne steht, und endlich in Opposition mit der Erde, wenn die Sonne zwischen ihm und unserer Erde steht.

Wenn ein Planet mit der Erde und Sonne in einer geraden Linie steht, und zwar von der Erde aus gerechnet jenseits der Sonne, so sagt man, daß die Sonne und der Planet in der obern Conjunction sind; dagegen in der untern, wenn der Planet sich zwischen Sonne und Erde befindet. Die Stellungen der Planeten, welche um 90° von den Conjunctionen oder Oppositionen abliegen, werden die Quadraturen genannt.


Nach Vorausschickung dieser Definitionen wollen wir sehen, welches die scheinbaren Bewegungen der Planeten sind, bezogen auf die scheinbare Bewegung der Sonne um die Erde; und zwar sollen uns die unteren Planeten zunächst beschäftigen.

Ich will nur daran erinnern, daß die scheinbare Bewegung der Sonne in Bezug auf die Sterne stets in derselben Richtung, und zwar mit nahe constanter Geschwindigkeit vor sich geht. Zu einer gewissen Zeit ist der fragliche Planet unsichtbar für uns; er befindet sich in Opposition mit der Erde, d. h. die Sonne verbirgt ihn. Nach einiger Zeit sehen wir ihn östlich von der Sonne hervortreten und sich von ihr entfernen; er hat dann, ebenso wie die Sonne, in Bezug auf die Sterne eine rechtläufige Bewegung. Während indeß die Geschwindigkeit der Sonne merklich constant bleibt, beginnt die des Planeten abzunehmen; letzterer scheint sich in Bezug auf die Sonne rückläufig zu bewegen, obgleich seine Bewegung in Bezug auf die Sterne noch rechtläufig ist. Die Geschwindigkeit des Planeten in Bezug auf die Sterne wird bald darauf Null; der Planet scheint dann am Sternhimmel stillzustehen, obschon er in Bezug auf die Sonne seine rückläufige Bewegung fortsetzt. Darauf beginnt die rückläufige Bewegung des Planeten in Bezug auf die Sterne; während der ganzen Dauer dieser scheinbaren Bewegung bleibt die Bewegung in Bezug auf die Sonne rückläufig. Der Planet macht in Bezug auf die Sterne von Neuem Stillstand, seine Geschwindigkeit ändert ihre Richtung, seine Bewegung wird zuerst wieder direct in Bezug auf die Sterne, dann in Bezug auf die Sonne, der er sich nähert u. s. w.

Alle diese Erscheinungen führen offenbar zu der Vermuthung, daß der Planet sich in einer Bahn um die Sonne bewegt, welche letztere bei ihrer scheinbaren Bewegung um die Erde mit sich nimmt. Die Richtigkeit dieses Schlusses wird noch weiter bestätigt, wenn man die Phasen, welche die unteren Planeten darbieten, in Betracht zieht. Denn in der That zeigt uns der Planet während seiner größten Elongationen (Ausweichung) eine halberleuchtete Scheibe, deren geradliniger Rand von der Sonne weggewendet ist. Zwischen seinen äußersten Elongationen erscheint der Planet wie eine Mondsichel, deren convexe Seite nach der Sonne hin liegt. Eine sehr einfache Figur gibt über alle Einzel-



Scheinbare Bahnen der Sonne, des Mercur, der Venus, des Mars, Jupiter, Saturn und Uranus
an der Himmelskugel von 0.h bis 12.h gerader Aufsteigung während des Jahres 1856.



Sonne
Mercur
Venus
Mars
Jupiter
Saturn
Uranus

Scheinbare Bahnen der Sonne, des Mercur, der Venus, des Mars, Jupiter, Saturn und Uranus an der Himmelskugel von 12h bis 24h gerader Aufsteigung während des Jahres 1856

Stern 1. Grösse
2.
3.
4.
5.
6.
Nebel

Gest. bei R. Schmidt in Leipzig.

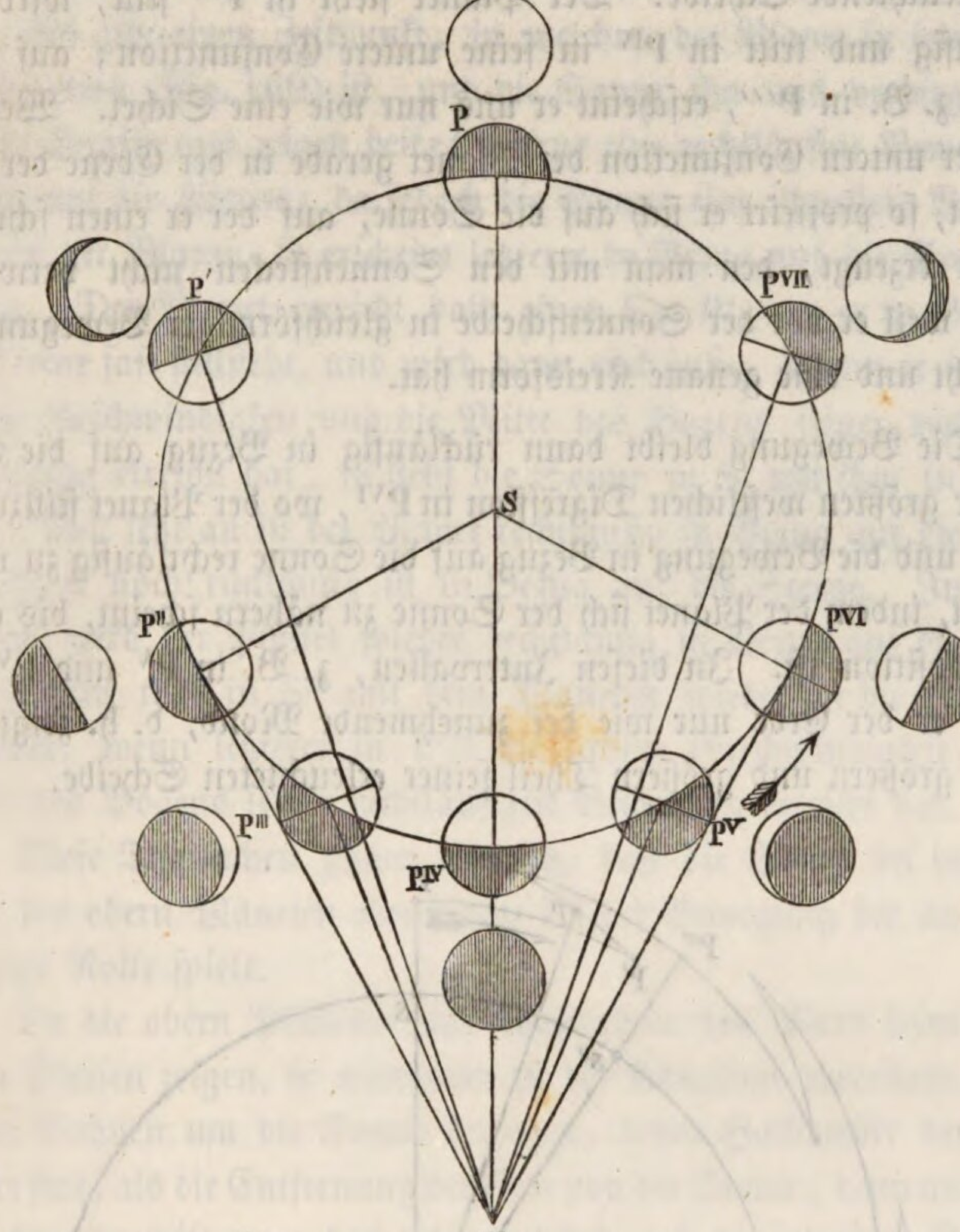


Fig. 168. — Bewegung eines untern Planeten um die Sonne, von der Erde aus gesehen.

heiten der beobachteten Erscheinungen Auskunft. Es stehe (Fig. 168) die Sonne in S, die Erde in T, und der Planet befinde sich anfangs in der oberen Conjunction mit der Sonne: er wendet dann offenbar seine ganz erleuchtete Scheibe der Erde zu. Der Planet entferne sich darauf, indem er rechtläufig ist, bis er seine größte östliche Digression in P″ erreicht, wo der Winkel SP″T ein rechter ist. Auf diesem Wege beginnt der erleuchtete Theil der Scheibe, welcher uns z. B. in P′ sichtbar ist, kleiner zu werden; in P″ erscheint uns nur noch die

halbe leuchtende Scheibe. Der Planet steht in P'' still, wird dann rückläufig und tritt in P^{IV} in seine untere Conjunction; auf diesem Wege, z. B. in P''', erscheint er uns nur wie eine Sichel. Wenn zur Zeit der untern Conjunction der Planet gerade in der Ebene der Ekliptik steht, so projicirt er sich auf die Sonne, auf der er einen schwarzen Flecken erzeugt, den man mit den Sonnenflecken nicht verwechseln kann, weil er vor der Sonnenscheibe in gleichförmiger Bewegung vorübergeht und eine genaue Kreisform hat.

Die Bewegung bleibt dann rückläufig in Bezug auf die Sonne bis zur größten westlichen Digression in P^{VI}, wo der Planet stillzustehen scheint und die Bewegung in Bezug auf die Sonne rechtläufig zu werden beginnt, indem der Planet sich der Sonne zu nähern scheint, bis er in P in Opposition ist. In diesen Intervallen, z. B. in P^{V} und P^{VII}, erscheint er der Erde nur wie der zunehmende Mond, d. h. zeigt einen immer größern und größern Theil seiner erleuchteten Scheibe.

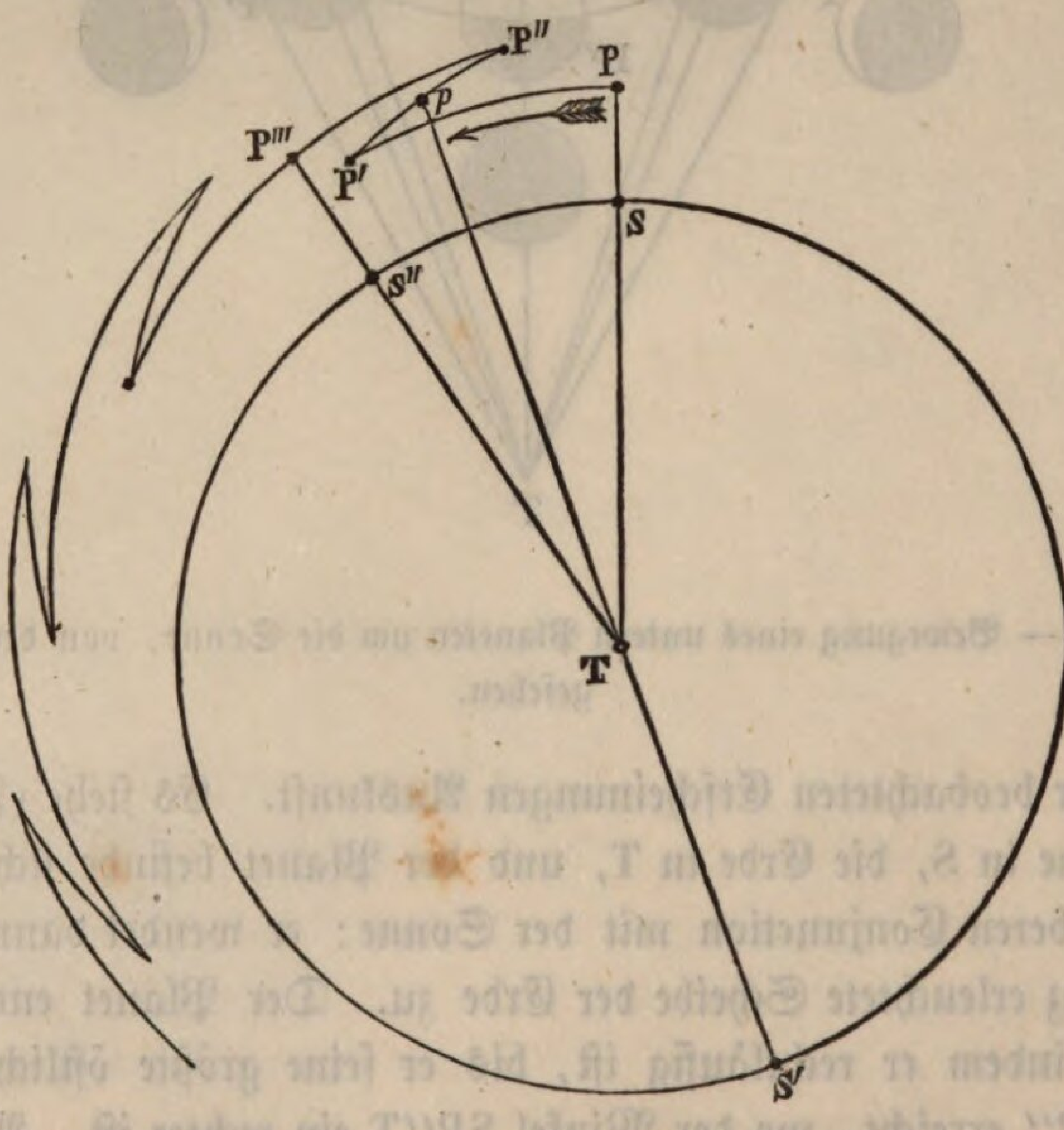


Fig. 169. — Scheinbare Bewegung eines obern Planeten, von der Erde aus gesehen.

Für die oberen Planeten sind die Erscheinungen nicht mehr dieselben. Es gibt einen Zeitpunkt, in welchem der Planet in seiner obern Conjunction (Fig. 169) ist, und die Sonne ihn uns verbirgt. Von diesem Punkte aus zeigen beide Gestirne eine rechtläufige Bewegung in Bezug auf die Sterne; da jedoch die Sonne eine schnellere Bewegung hat als der Planet, so erscheint letzterer in Bezug auf die Sonne rückläufig. Der Planet erreicht bald einen Ort P′, wo er in Bezug auf die Sterne fast stillsteht, und wird dann rückläufig. Wenn er in p seine größte Geschwindigkeit und die Mitte des Bogens seiner rückläufigen Bewegung erreicht hat, so steht die Sonne in S′ mit ihm in Opposition. Von jetzt an ist der Planet rechtläufig in Bezug auf die Sonne, obwohl er noch rückläufig ist in Bezug auf die Sterne. In P″ angelangt wird der Planet wieder rechtläufig in Bezug auf die Sterne. Die Sonne tritt in S″ mit dem Planeten wieder in die obere Conjunction, wenn letzterer in P‴ die größte Geschwindigkeit und die Mitte des Bogens seiner rechtläufigen Bewegung erreicht hat.

Diese Thatsachen zeigen deutlich, daß die Sonne bei der Bewegung der obern Planeten ebenso wie bei der Bewegung der untern eine wichtige Rolle spielt.

Da die obern Planeten mit Ausnahme des Mars keine bemerkbaren Phasen zeigen, so wird man zu der Annahme veranlaßt, daß sie sich in Bahnen um die Sonne bewegen, deren Halbmesser beträchtlich größer sind, als die Entfernung der Erde von der Sonne; denn unter dieser Annahme begreift man, daß wir, welches auch die relativen Oerter der Sonne und der Planeten sein mögen, die letztern, mit Ausnahme der Zeiten der Conjunctionen, stets fast vollständig sehen müssen.

Fünftes Kapitel.

Wahre Bewegung der Planeten.

Da die scheinbaren Bewegungen der Planeten, wie sie von der Erde aus beobachtet werden, dem Angeführten zufolge sehr unregelmäßig sind, besonders durch die Stillstände und Rückläufe, so müssen

wir untersuchen, ob von einem andern Punkte aus betrachtet, z. B. indem wir uns in die Sonne versetzen, nicht Ordnung an die Stelle des Regellosen und scheinbar Willkührlichen, das ich zuvor berichten mußte, treten kann. Versuchen wir also die auf der Erde angestellten Beobachtungen in Beobachtungen umzugestalten, wie sie ein im Mittelpunkte der Sonne befindlicher Beobachter gemacht haben würde, d. h. um mich der hergebrachten Ausdrücke zu bedienen, verwandeln wir die geocentrischen Oerter in heliocentrische.

Nehmen wir zu dem Zwecke zuerst an, daß die Planeten sich in der Ebene der Ekliptik bewegen, was für die Hauptplaneten nicht sehr von der Wahrheit abweicht. Zwei Fälle sind zu unterscheiden, nämlich erstens der Fall der obern und zweitens der Fall der untern Planeten; wir wollen uns zunächst mit dem erstern beschäftigen.

Wenn ein Planet in Opposition ist, so projicirt die von der Sonne nach der Erde gezogene gerade Linie den Planeten auf denselben Stern, welchen die von der Sonne nach demselben Planeten gezogene Linie trifft; zur Zeit der Opposition erhält man also, durch eine Beobachtung von der Erde aus, den Ort des Planeten am Firsternhimmel ganz ebenso, wie man ihn von der Sonne aus beobachtet hätte. Man erhält auf diese Weise einen heliocentrischen Ort.

Einige Monate später stehen Sonne, Erde und Planet wieder in gerader Linie; dem Planeten entspricht ein zweiter Stern, was einen zweiten heliocentrischen Ort liefert.

Eine dritte Opposition wird uns wieder den Ort des Planeten, wie ihn ein auf der Sonne befindlicher Beobachter fände, liefern u. s. w.

Faßt man nun eine sehr große Anzahl solcher Beobachtungen zusammen, so kann man durch Interpolation die Zeit bestimmen, welche ein Planet, von der Sonne aus gesehen, braucht, um zu demselben Sterne zurückzukommen, d. h. die Zeit seines ganzen Umlaufs.

Durch Beobachtung derselben Planeten, wenn sie in ihre Conjunctionen treten, findet man ebenso den Augenblick, wo sie von der Sonne aus gesehen gewissen Sternen des Himmels entsprechen, was neue Bestimmungen der zu ihren ganzen Umläufen nöthigen Zeiträume gibt.

Nach den früher (Bd. 11. S. 373) gefundenen sehr geringen Werthen für die Parallaxen der Fixsterne ist die Annahme vollkommen gerechtfertigt, daß die Sternbilder für einen auf der Erde und einen zweiten im Mittelpunkte der Sonne befindlichen Beobachter dieselbe Größe haben, oder mit andern Worten, daß der Winkelabstand irgend zweier Sterne von einander für beide genannte Beobachter sehr nahe derselbe ist. Die Oppositionen und Conjunctionen haben uns ferner gezeigt, welchen Sternen die Planeten zu bestimmten Zeitpunkten für die auf Sonne und Erde befindlichen Beobachter entsprechen; da nun die Winkelabstände dieser Sterne von einander für die beiden Beobachtungsorte denselben Werth besitzen, so werden wir durch Benutzung aller durch die Oppositionen und Conjunctionen erhaltenen heliocentrischen Oerter bestimmen können, wie die Winkelbewegung eines Planeten von der Sonne aus gesehen vor sich geht. Man wird schon aus dieser Erörterung schließen, daß für einen auf der Sonne befindlichen

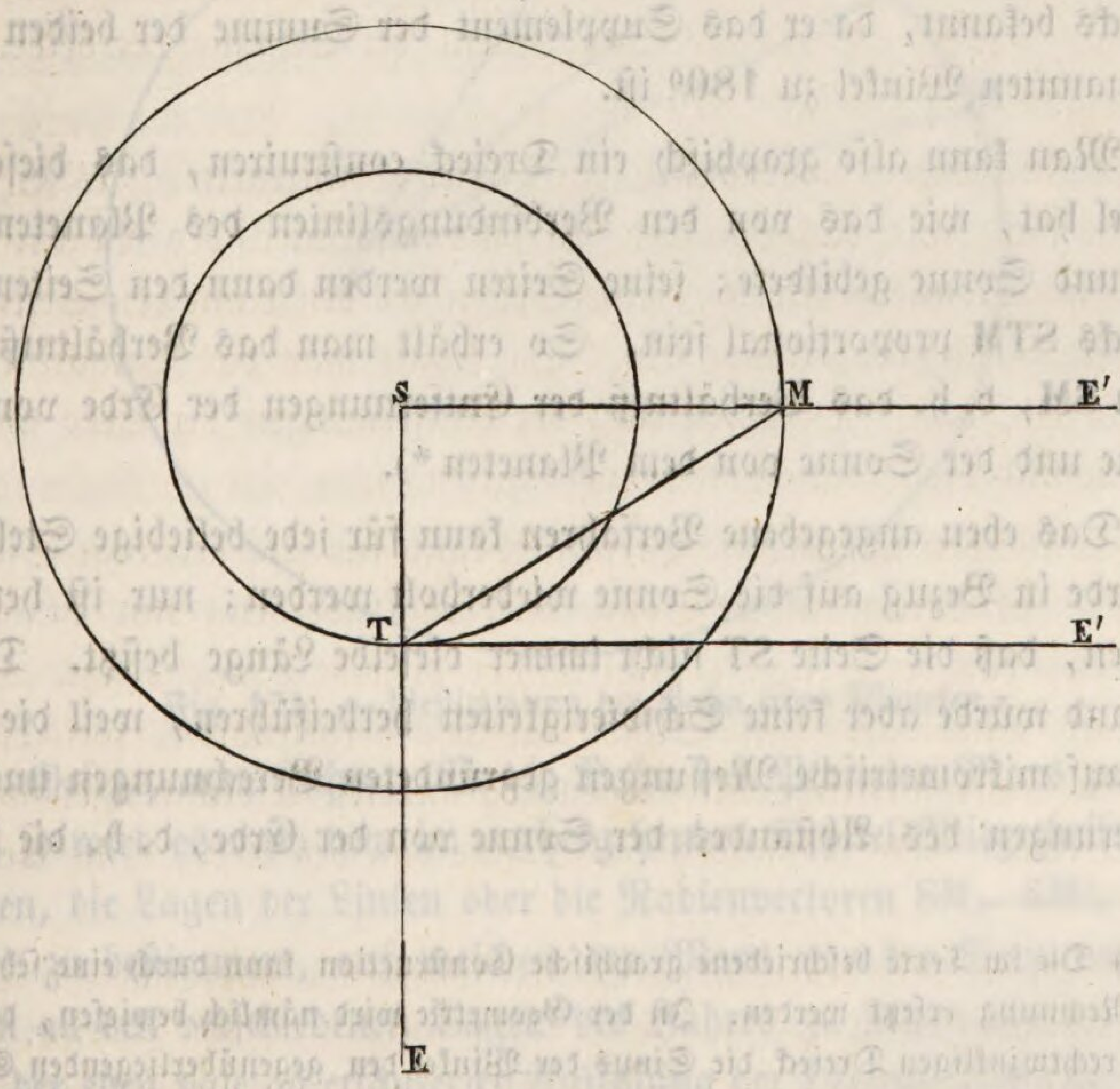


Fig. 170. — Bestimmung der Verhältnisse zwischen den Abständen der Planeten von der Erde und der Sonne.

Beobachter die Stillstände und Rückläufe nicht mehr vorhanden sind, und daß alle Planeten sich unausgesetzt in derselben Richtung bewegen; nur wird diese Winkelbewegung nicht gleichförmig sein.

Die Benutzung von Beobachtungen des Merkur und der Venus in ihren obern und untern Conjunctionen führt zu analogen Resultaten.

Es sei (Fig. 170) S die Sonne, T die Erde und M der Planet zur Zeit der Quadraturen [2]), d. h. wenn der Winkel MST ein rechter ist. Die Linie ST trifft verlängert einen Stern E, die Linie SM einen andern E'. Der Winkel, unter dem die beiden Sterne in S erscheinen (nämlich ESE'), ist derselbe, als ob er von T aus (also der Winkel ETE') gemessen wäre, folglich bekannt. Der Winkel MTS, dessen Scheitel am Erdorte liegt, kann stets unmittelbar bestimmt oder aus einem zuvor angefertigten Sterncataloge abgeleitet werden; mithin ist der dritte Winkel SMT des von den Seiten ST, TM und SM gebildeten Dreiecks bekannt, da er das Supplement der Summe der beiden vorhergenannten Winkel zu 180° ist.

Man kann also graphisch ein Dreieck construiren, das dieselben Winkel hat, wie das von den Verbindungslinien des Planeten der Erde und Sonne gebildete; seine Seiten werden dann den Seiten des Dreiecks STM proportional sein. So erhält man das Verhältniß von TS zu SM, d. h. das Verhältniß der Entfernungen der Erde von der Sonne und der Sonne von dem Planeten *).

Das eben angegebene Verfahren kann für jede beliebige Stellung der Erde in Bezug auf die Sonne wiederholt werden; nur ist hervorzuheben, daß die Seite ST nicht immer dieselbe Länge besitzt. Dieser Umstand würde aber keine Schwierigkeiten herbeiführen, weil die frühern auf mikrometrische Messungen gegründeten Berechnungen uns die Aenderungen des Abstandes der Sonne von der Erde, d. h. die Aen-

*) Die im Texte beschriebene graphische Construction kann durch eine sehr einfache Rechnung ersetzt werden. In der Geometrie wird nämlich bewiesen, daß in einem rechtwinkligen Dreieck die Sinus der Winkel den gegenüberliegenden Seiten proportional sind. Man wird also mit Hülfe der Sinustafeln das Verhältniß von TS zu SM erhalten.

derungen von TS, für alle Tage des Jahres kennen gelehrt haben (Bd. 11. S. 236).

Nichts wird also leichter sein, als die Bahnen und alle Umstände in den Bewegungen der verschiedenen Planeten zu bestimmen.

Sechstes Kapitel.

Die Keppler'schen Gesetze.

Man bezeichne auf einer Tafel den Punkt, der die Sonne vorstellen soll, mit S (Fig. 171).

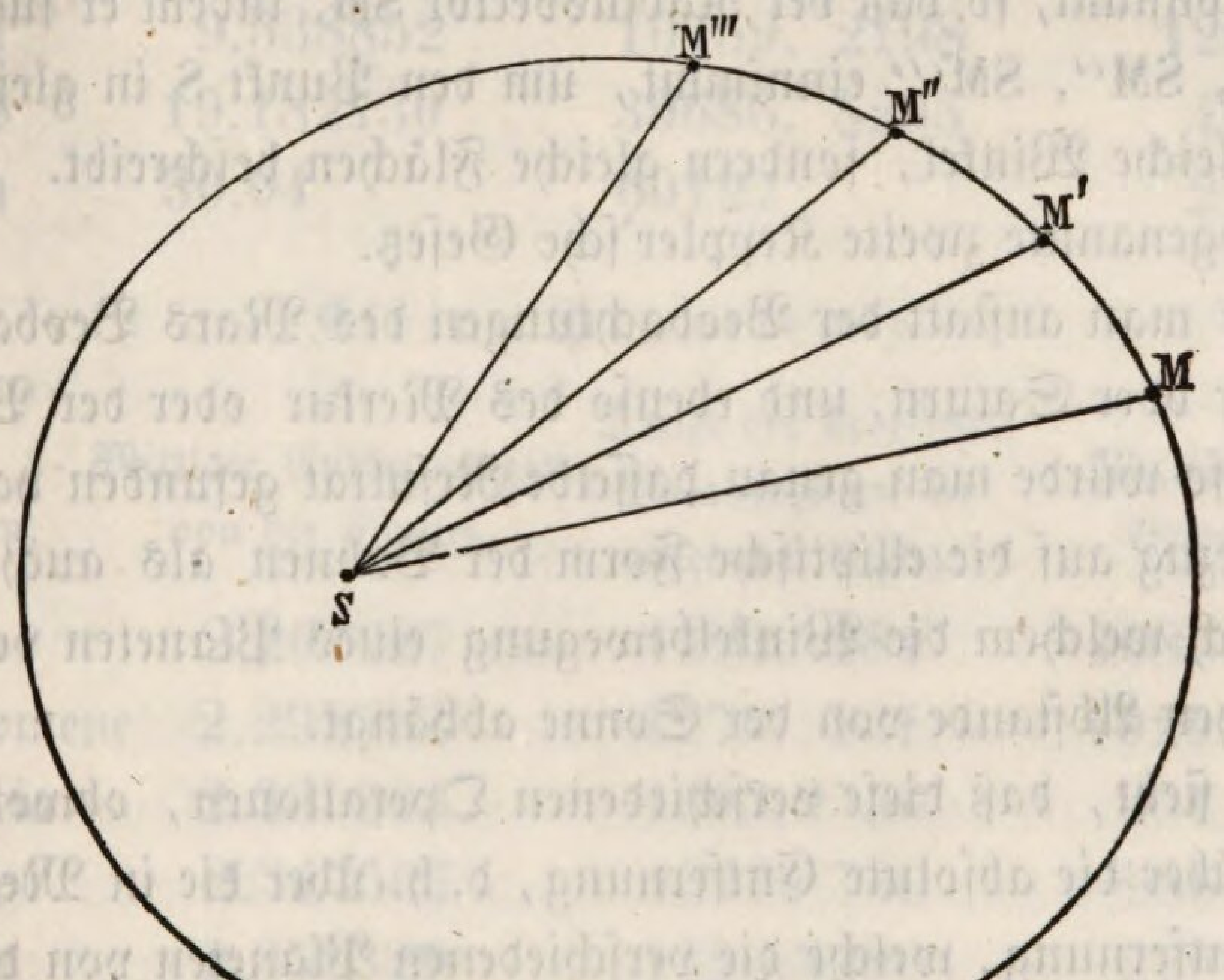


Fig. 171. — Bestimmung der Bahn eines Planeten.

Gesetzt, man suchte z. B. die Bahn des Planeten Mars zu zeichnen, so wird es nach dem im vorhergehenden Kapitel Mitgetheilten gelingen, die Lagen der Linien oder die Radienvectoren SM, SM′, SM″, SM‴ zu bestimmen, auf welchen der Mars von der Sonne aus gesehen an den verschiedenen Tagen des Jahres zu liegen scheint. Mittelst der eben daselbst erläuterten Auflösung der Dreiecke STM (Fig. 170, S. 197) bestimmt man, in welche Entfernung vom Punkte S Mars

gesetzt werden muß. Legt man dann durch alle Punkte M, M′, M″, M‴ eine stetige krumme Linie, so wird man die Bahn haben, welche Mars um die Sonne beschreibt (Fig. 171).

Die so erhaltene Bahn ist kein Kreis, sondern eine Ellipse, in deren einem Brennpunkte die Sonne steht. Dieß ist das erste Keppler'sche Gesetz.

Wenn SM, SM′, SM″, SM‴ gleich weit von einander abstehenden Zeitpunkten entsprechen, welche Beziehung existirt dann zwischen den veränderlichen Winkeln MSM′, M′SM″, M″SM‴ und zwischen den veränderlichen Entfernungen MS, M′S, M″S, M‴S, um welche zu diesen verschiedenen Zeiten der Planet von der Sonne absteht? Die Beziehung ist diese: Die von zwei dieser Radienvectoren eingeschlossene Fläche ist constant, so daß der Radiusvector SM, indem er successive die Lagen SM′, SM″, SM‴ einnimmt, um den Punkt S in gleichen Zeiten nicht gleiche Winkel, sondern gleiche Flächen beschreibt. Dies besagt das sogenannte zweite Keppler'sche Gesetz.

Hätte man anstatt der Beobachtungen des Mars Beobachtungen des Jupiter oder Saturn, und ebenso des Merkur oder der Venus genommen, so würde man genau dasselbe Resultat gefunden haben, sowohl in Bezug auf die elliptische Form der Bahnen als auch auf das Gesetz, nach welchem die Winkelbewegung eines Planeten von seinem veränderlichen Abstande von der Sonne abhängt.

Man sieht, daß diese verschiedenen Operationen, obwohl sie den Berechner über die absolute Entfernung, d. h. über die in Meilen ausgedrückte Entfernung, welche die verschiedenen Planeten von der Sonne trennt, in Ungewißheit lassen, doch die Verhältnisse dieser Entfernungen kennen lehren.

Die beiden folgenden Tabellen geben in einer Spalte die Werthe der mittleren Entfernungen aller jetzt bekannten Planeten von der Sonne; die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne zur Einheit genommen.

Eine zweite Spalte dieser Tabellen enthält außerdem die siderische Umlaufszeit der Planeten, d. h. die Zeit, welche zwischen zwei aufeinander folgenden Rückkehren eines Planeten zu einem und demselben Sterne verfließt.

Eine letzte Spalte derselben Tabellen liefert die mittleren täglichen Bewegungen, welche die verschiedenen Planeten in ihren Bahnen zurücklegen.

Hauptplaneten.

Namen der Planeten.	Mittlere Entfernungen von der Sonne.	Dauer der siderischen Umlaufszeiten in mittleren Tagen.	Mittlere tägliche Bewegungen.
☿ Merkur	0.3870985	87.96926	14732″.419
♀ Venus	0.7233317	224.70080	5767 .668
♁ Erde	1.000000	365.25637	3548 .193
♂ Mars	1.523691	686.97964	1886 .519
♃ Jupiter	5.202798	4332.58482	299 .129
♄ Saturn	9.538852	10759. 2198	120 .455
♅ Uranus	19.182730	30686. 8205	42 .233
♆ Neptun	30.04	60127	21 .554

Kleine Planeten[3]).

Namen der Planeten.	Mittlere Entfernungen von der Sonne.	Dauer der siderischen Umlaufszeiten in mittleren Tagen.	Mittlere tägliche Bewegungen.
(8) Flora	2.201727	1193. 281	1086″.0790
(18) Melpomene	2.295753	1270. 531	1020 .0440
(12) Victoria	2.335003	1303.2536	994 .4325
(27) Euterpe	2.347507	1313. 736	986 .4977
(30) Urania	2.358329	1322.8290	979 .7170
(4) Vesta	2.361702	1326. 669	977 .6178
(33) Polyhymnia	2.378572	1339.8992	967 .2350
(7) Iris	2.385310	1345. 600	963 .1396
(9) Metis	2.386897	1346.9400	962 .1801
(24) Phocäa	2.390843	1350.2809	959 .7982
(20) Massalia	2.408360	1365.1482	949 .3459
(6) Hebe	2.425368	1379. 635	939 .3772
(19) Fortuna	2.445902	1397. 192	927 .5728
(11) Parthenope	2.448097	1399. 074	926 .3257
(17) Thetis	2.497756	1441. 859	898 .8378

Namen der Planeten.	Mittlere Entfernungen von der Sonne.	Dauer der siderischen Umlaufszeiten in mittleren Tagen.	Mittlere tägliche Bewegungen.
(29) Amphitrite	2.553665	1490. 540	869 .4824
(5) Asträa	2.577400	1511. 369	857 .4996
(14) Irene	2.581951	1515. 373	855 .2337
(13) Egeria	2.582492	1515. 850	854 .9642
(32) Pomona	2.585054	1518.1060	853 .6940
(21) Lutetia	2.612466	1542. 318	840 .2924
(23) Thalia	2.625878	1554.2093	833 .8635
(15) Eunomia	2.650918	1576. 493	822 .0764
(26) Proserpina	2.652433	1577. 845	821 .3722
(3) Juno	2.669095	1592. 736	813 .6926
(1) Ceres	2.766921	1681. 093	770 .9242
(2) Pallas	2.772896	1686. 089	768 .6413
(28) Bellona	2.780725	1693.6931	765 .1905
(22) Calliope	2.911710	1814. 762	714 .1428
(16) Psyche	2.926334	1828. 452	708 .7948
(10) Hygiea	3.151388	2043. 386	634 .2404
(25) Themis	3.160312	2052. 072	631 .5556
(31) Euphrosyne	3.192287	2083. 295	622 .0906

Mittelst der vorstehenden Verhältnißzahlen zwischen den Entfernungen der schon lange bekannten sechs Hauptplaneten (Merkur, Venus, Erde, Mars, Jupiter und Saturn) fand Keppler im Anfange des siebzehnten Jahrhunderts die Beziehung zwischen den Entfernungen der Planeten von der Sonne und ihren Umlaufszeiten. Das sogenannte dritte Keppler'sche Gesetz kann so ausgesprochen werden: das Quadrat der Umlaufszeit eines Planeten verhält sich zum Quadrate der Umlaufszeit eines andern Planeten, wie der Cubus der Entfernung des ersten von der Sonne zum Cubus der Entfernung des andern von demselben Himmelskörper.

Welche Planeten man auch zu je zwei in Bezug auf ihre Umlaufszeiten und Entfernungen miteinander vergleichen mag, stets wird die so eben angegebene Proportion erfüllt sein.

Siebentes Kapitel.

Von der Bewegung der Erde um die Sonne.

Bisher haben wir die Bewegungen der Sterne, der Sonne und der Planeten betrachtet, wie sie von der als ruhend angenommenen Erde aus gesehen erscheinen. In diesem Kapitel wollen wir von dem Scheine zur Wirklichkeit vorschreiten.

Beim Beginne unserer Untersuchung der am Himmel vorgehenden Bewegungen haben wir gefunden, daß die Sonne eine Ellipse zu beschreiben scheint, in deren einem Brennpunkte unsere Erde steht (Bd. 11. S. 235). Sehen wir jetzt, ob diese Bewegung der Sonne nicht ein bloßer Schein sein kann, der von einer Bewegung der Erde herrührt.

Worin besteht die scheinbare Bewegung der Sonne? In der Thatsache, daß an jedem Mittage z. B. die Sonne einem weiter östlich gelegenen Sterne entspricht, als Tags zuvor. Dieser Vorgang würde nun aber ganz derselbe bleiben, wenn man die Sonne unbeweglich annähme und die Erde sich um dieselbe bewegen ließe; denn erfolgte

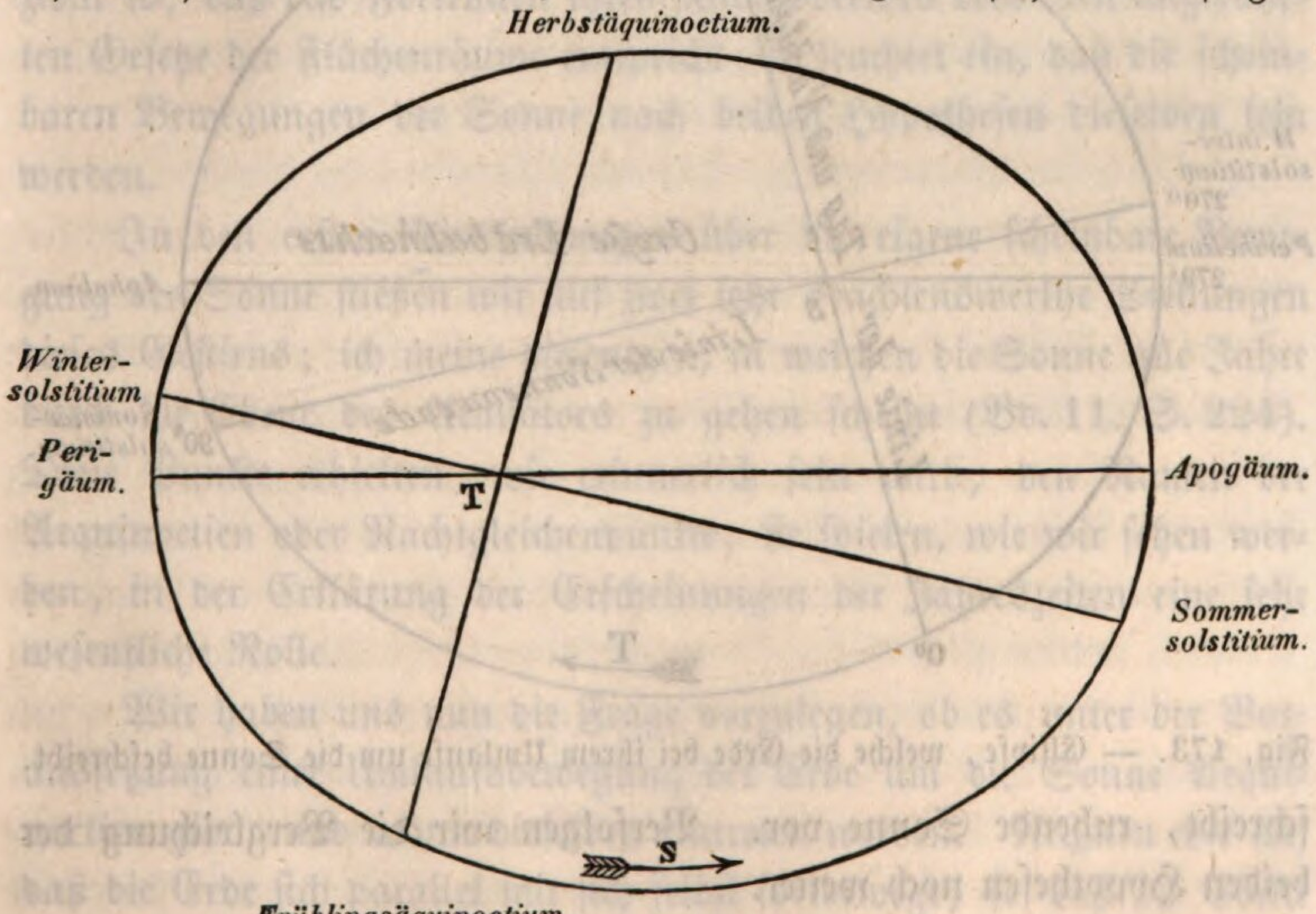


Fig. 172. — Scheinbare von der Sonne um die Erde beschriebene Ellipse, in deren einem Brennpunkte sich die Erde befindet.

diese Bewegung in der Richtung von Westen nach Osten, so würden die Gesichtslinien von unserer Erde zur Sonne bis zum gestirnten Himmel verlängert jeden Tag auf weiter östlich gelegene Sterne treffen.

Mag die Sonne sich in einer elliptischen Bahn, in deren einem Brennpunkte die Erde steht, oder die Erde in einer gleichen Bahn, deren einen Brennpunkt die Sonne einnimmt, um die letztere bewegen, in beiden Fällen bleiben die Erscheinungen der jährlichen Bewegung der Sonne durch die Sternbilder völlig dieselben.

Ein Blick auf die beiden hier eingefügten Zeichnungen wird dies Jedem sogleich klar machen.

In der ersten Figur (172) bedeutet T die im Brennpunkte der krummen Linie, welche die Sonne zu durchlaufen scheint, unbeweglich angenommene Erde; in der zweiten Figur (173) stellt S die im Brennpunkte der Bahn, welche die Erde in einem Jahre um die Sonne be-

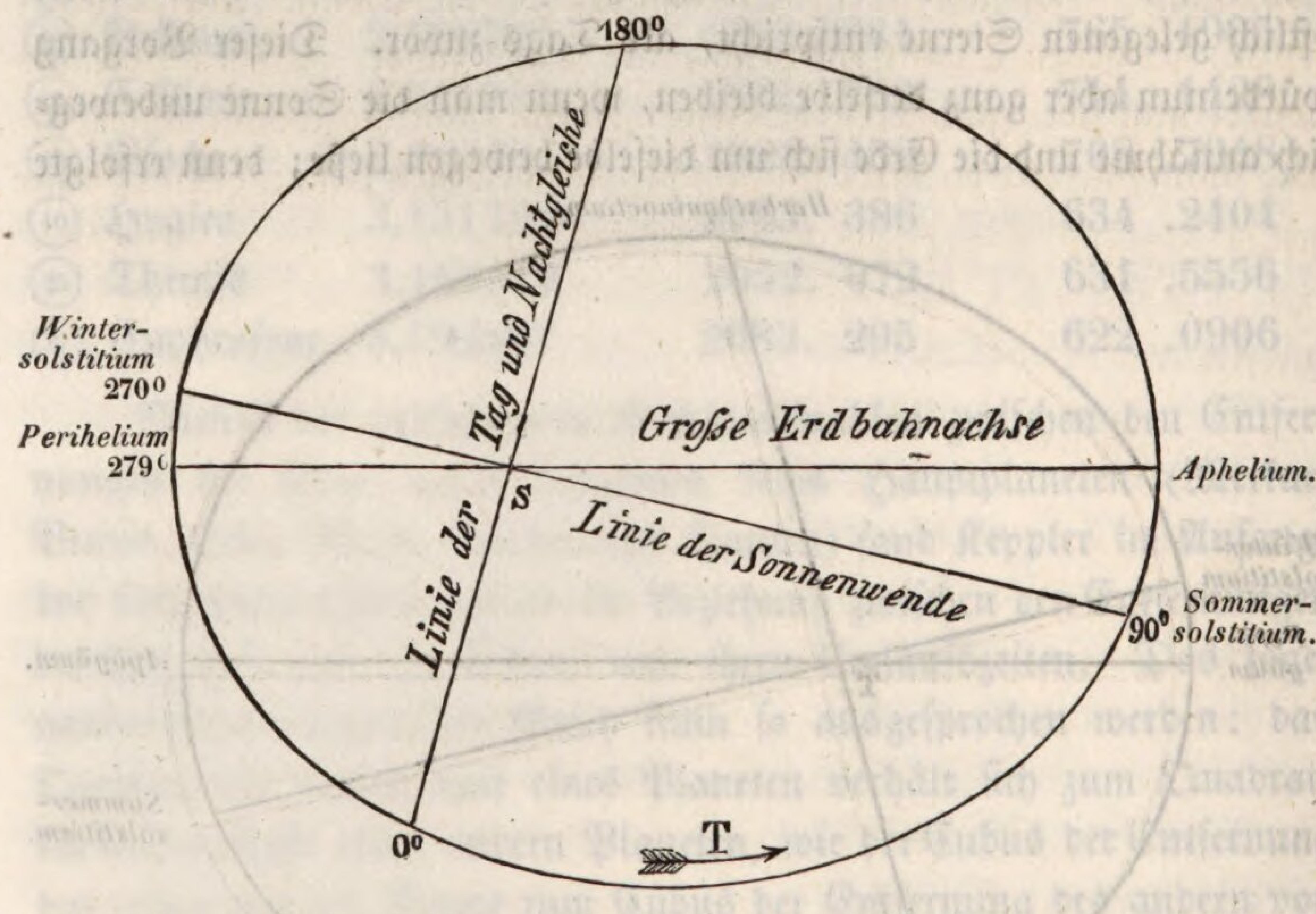


Fig. 173. — Ellipse, welche die Erde bei ihrem Umlaufe um die Sonne beschreibt.

schreibt, ruhende Sonne vor. Verfolgen wir die Vergleichung der beiden Hypothesen noch weiter.

Durch mikrometrische Messungen haben wir gefunden, daß der Sonnendurchmesser veränderlich ist, und daß wir folglich seine Ent-

fernung von der Erde ebenfalls veränderlich nehmen müssen. Nun wird aber diese Entfernung nicht weniger veränderlich, wenn wir die Sonne unbeweglich in den Brennpunkt der jährlichen Bahn stellen, als wenn wir die Erde in denselben Brennpunkt stellen. Noch mehr: wenn die Dimensionen der Ellipse in beiden Fällen dieselben sind, so werden auch die Aenderungen der Entfernung dieselben numerischen Werthe erhalten. Nur entsprächen in dem erstern Falle die Durchmesser der Sonnenscheibe im Perigäum und Apogäum den Durchgängen der Sonne durch die beiden Endpunkte der großen Axe der Ellipse; in dem zweiten wird man dieselben beiden Durchmesser der Sonnenscheibe im Perihelium und Aphelium beobachten, wenn die Erde durch die beiden Scheitel der krummen Bahn hindurchgeht.

Die Bewegung der Sonne erscheint ungleich, und ist dem merkwürdigen Gesetze unterworfen, daß die in gleichen Zeiten um den von der Erde eingenommenen Brennpunkt der Ellipse beschriebenen Flächenräume gleich sind (zweites Keppler'sches Gesetz). Nehmen wir nun an, die Erde durchlaufe ihre Bahnellipse mit ungleichförmiger Bewegung, und zwar so, daß das Fortrücken ihres Radiusvectors dem eben angeführten Gesetze der Flächenräume entspricht: so leuchtet ein, daß die scheinbaren Bewegungen der Sonne nach beiden Hypothesen dieselben sein werden.

In den ersten Untersuchungen über die eigene scheinbare Bewegung der Sonne stießen wir auf zwei sehr beachtenswerthe Stellungen dieses Gestirns; ich meine diejenigen, in welchen die Sonne alle Jahre durch die Ebene des Aequators zu gehen scheint (Bd. 11. S. 224). Diese Punkte erhielten, wie erinnerlich sein wird, den Namen der Aequinoctien oder Nachtgleichenpunkte; sie spielen, wie wir sehen werden, in der Erklärung der Erscheinungen der Jahreszeiten eine sehr wesentliche Rolle.

Wir haben uns nun die Frage vorzulegen, ob es unter der Voraussetzung einer Umlaufsbewegung der Erde um die Sonne Aequinoctien gibt, und wann dieselben eintreten werden. Nehmen wir an, daß die Erde sich parallel mit sich selbst fortbewegt, so daß die Ebene ihres Aequators stets die Ebene der Ekliptik in untereinander parallelen Linien schneidet; sechs Monate lang werden diese parallelen Durch-

schnitte auf einer gewissen Seite der Sonne liegen, während der sechs andern dagegen auf die entgegengesetzte Seite fallen. Bei dem Uebergange der ersten Lagen in die zweiten, und der zweiten wieder in die ersten, wird die Durchschnittslinie des Aequators und der Ekliptik nothwendig durch die Sonne gehen. In zwölf Monaten oder in einem Jahre gibt es also zwei Zeitpunkte, in denen die Sonne in der Ebene des Erdäquators steht: und dies waren die Aequinoctien.

Ebenso einfach ließe sich nachweisen, daß es in gleichen Abständen von den beiden Aequinoctien zwei Solstitien geben muß, d. h. zwei Punkte, an welchen die Winkelabstände der Sonne von dem Erdäquator der Neigung dieser Ebene gegen die Ebene der Ekliptik, d. h. in gegenwärtiger Zeit, 23° 27′ 30″ gleich sind.

Die Untersuchung der scheinbar jährlichen Bewegung der Sonne hat uns zur Auffindung der Präcession der Aequinoctien geführt, d. h. einer rückgängigen Bewegung von jährlich 50″ derjenigen Punkte, durch welche die Sonne geht, wenn sie von der südlichen nach der nördlichen Seite des Aequators aufsteigt, oder umgekehrt von der nördlichen zur südlichen zurückkehrt; oder mit andern Worten zu einer jährlichen Verrückung von 50″ derjenigen Linie, in welcher der Aequator die Ebene der Ekliptik schneidet.

Man hat sich überzeugt, daß die Präcession die Breiten der Fixsterne, d. h. ihre senkrechten Abstände von der Ekliptik, nicht ändert; man kann daher die Aenderung in der Lage der Linie, in welcher die Ebene der Ekliptik die Ebene des Aequators schneidet, nicht durch eine Verrückung der erstern dieser Ebenen erklären; denn eine solche Verrückung würde, ich wiederhole es, die Breiten der Sterne ein wenig ändern. Wäre nun die Erde im Raume unbeweglich, so müßte ihr Aequator fest stehen, und seine Durchschnittslinie mit der Ebene der Ekliptik, unbeweglich wie er selbst, eine unveränderliche Lage behalten; man würde dann zu der Annahme gezwungen werden, daß die Sterne unabhängig von ihrer scheinbaren täglichen Bewegung eine jährliche Ortsveränderung von 50″ erführen, infolge deren sie immer östlicher und östlicher liegenden Punkten der Ekliptik entsprechen müßten. Wer sieht aber nicht, wie groß das Unwahrscheinliche einer solchen Annahme ist? Sie läuft ja auf Nichts weniger hinaus, als auf die Voraussetzung, daß

alle Sterne trotz ihrer ungeheuren Entfernungen von der Erde, trotz ihrer noch viel größern Abstände von einander, trotz ihres Gesondertseins und ihrer Unabhängigkeit, sich so zu sagen verabredet hätten, jährlich 50″ parallel mit der Ebene der Ekliptik fortzurücken, mit dem kleinlichen Erfolge einer gleichzeitigen Entfernung von dem Aequinoctium um diese geringe Größe. Nehmen wir dagegen die Erde beweglich, so hindert uns nichts, ihrem Aequator eine kleine jährliche Verrückung beizulegen.

Um die Aequinoctien zu erklären, haben wir vorhin angenommen, daß die Durchschnittslinie des Erdäquators mit der Ekliptik das ganze Jahr hindurch mit sich parallel bliebe; wenn wir aber nach demselben System die Präcession der Aequinoctien erklären wollen, so müssen wir die Voraussetzung machen, daß der Parallelismus dieser Durchschnittslinien nicht vollkommen ist, sondern daß ihre Richtung nach zwölf Monaten mit der Richtung, welche sie im vorhergehenden Jahre hatte, einen Winkel von 50″ bildet, und zwar so, daß die neue Durchschnittslinie stets östlicher liegt als die frühere. Bei dieser so einfachen Erklärung hat man nicht nöthig, Milliarden von Sternen, von denen das Firmament erglänzt, in gemeinsamer Bewegung fortrücken zu lassen; Alles wird, wenn ich mich eines bei den Mathematikern sehr gebräuchlichen Ausdrucks bedienen darf, durch die Verrückung einer der Coordinatenebenen dargestellt, durch eine Verrückung des Aequators, auf welche die Sterne bezogen werden.

Wenn sich die Erde um die Sonne bewegt, so wird die Zeit ihres Umlaufs der Dauer eines siderischen Umlaufs dieses Gestirns, d. h. 366.2396 Tagen gleich sein.

Wir haben gesehen, daß Keppler ein Gesetz gefunden hat, nach welchem die Umlaufszeiten der eigentlichen Planeten von ihren Entfernungen von der Sonne abhingen. Nach diesem dritten Keppler'schen Gesetze verhielten sich, wie erinnerlich sein wird, die Quadrate der Umlaufszeiten je zweier Planeten, wie die Cuben ihrer mittleren Entfernungen von der Sonne. Nun wird auch die Erde und ihre Entfernung von der Sonne mit in diese Proportionen eintreten, und ihre Richtigkeit prüfen. Es muß also z. B. das Quadrat der Umlaufszeit der Erde, d. h. das Quadrat ihrer siderischen Umlaufszeit, die Erde als

Planet betrachtet, sich zum Quadrat der Umlaufszeit des Mars verhalten, wie der Cubus der mittleren Entfernung der Erde von der Sonne sich zum Cubus der mittleren Entfernung des Mars von der Sonne verhält. Diese Proportion bleibt in gleicher Weise richtig, welchen der obern und untern Planeten man auch mit der Erde vergleichen mag.

Achtes Kapitel.

Von den Stillständen und Rückläufen der Planeten.

Unter allen Erscheinungen am gestirnten Himmel ist die außerordentlichste, welche auch die Astronomen des Alterthums am meisten

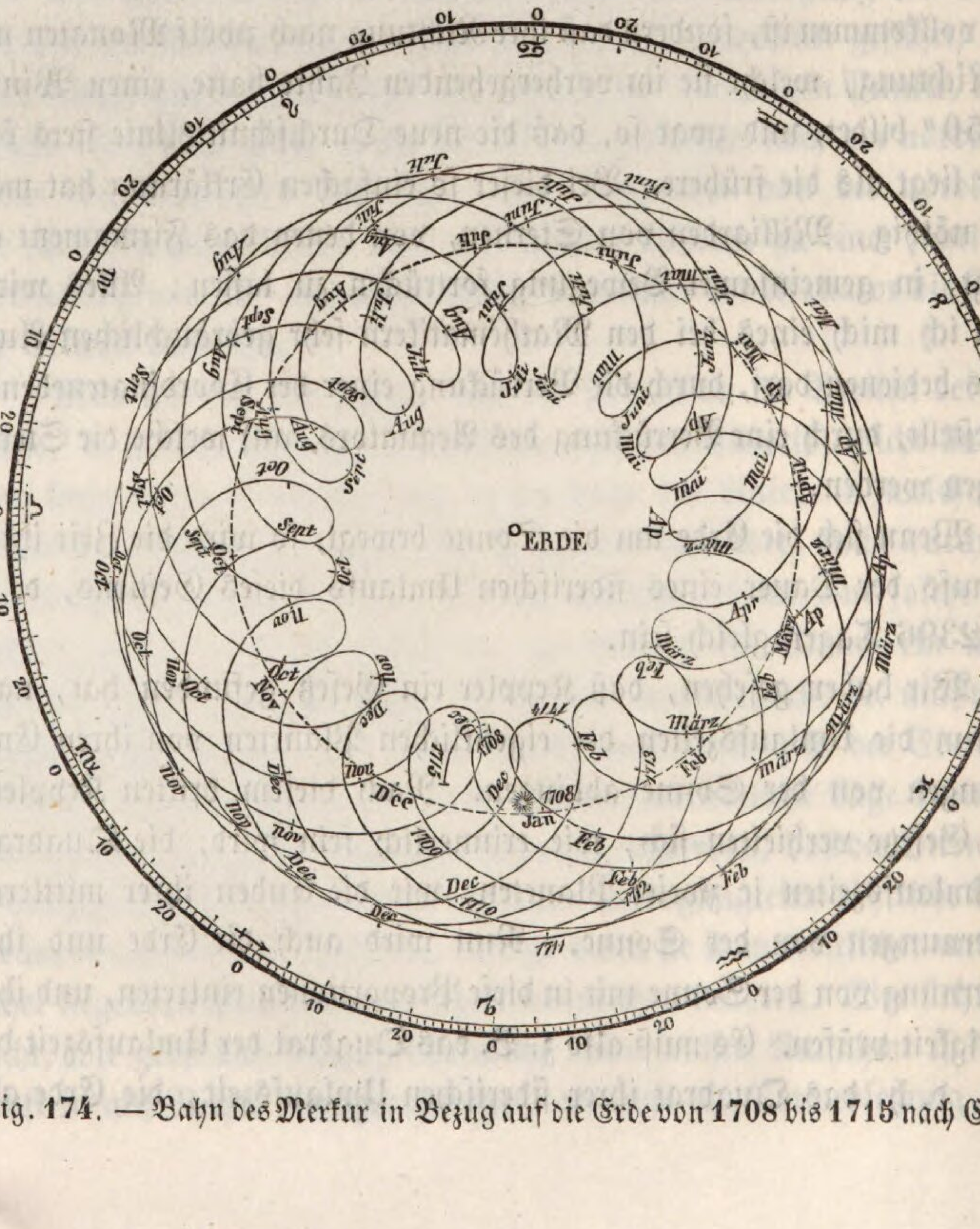


Fig. 174. — Bahn des Merkur in Bezug auf die Erde von 1708 bis 1715 nach Cassini.

in Verlegenheit setzte, die Erscheinung der Stillstände und Rückläufe der obern Planeten. Es wird in Erinnerung sein, daß ein Planet (Kap. 3, S. 189) während des größten Theiles seiner scheinbaren jährlichen Bahn sich von West nach Ost bewegt, aber bevor er seine

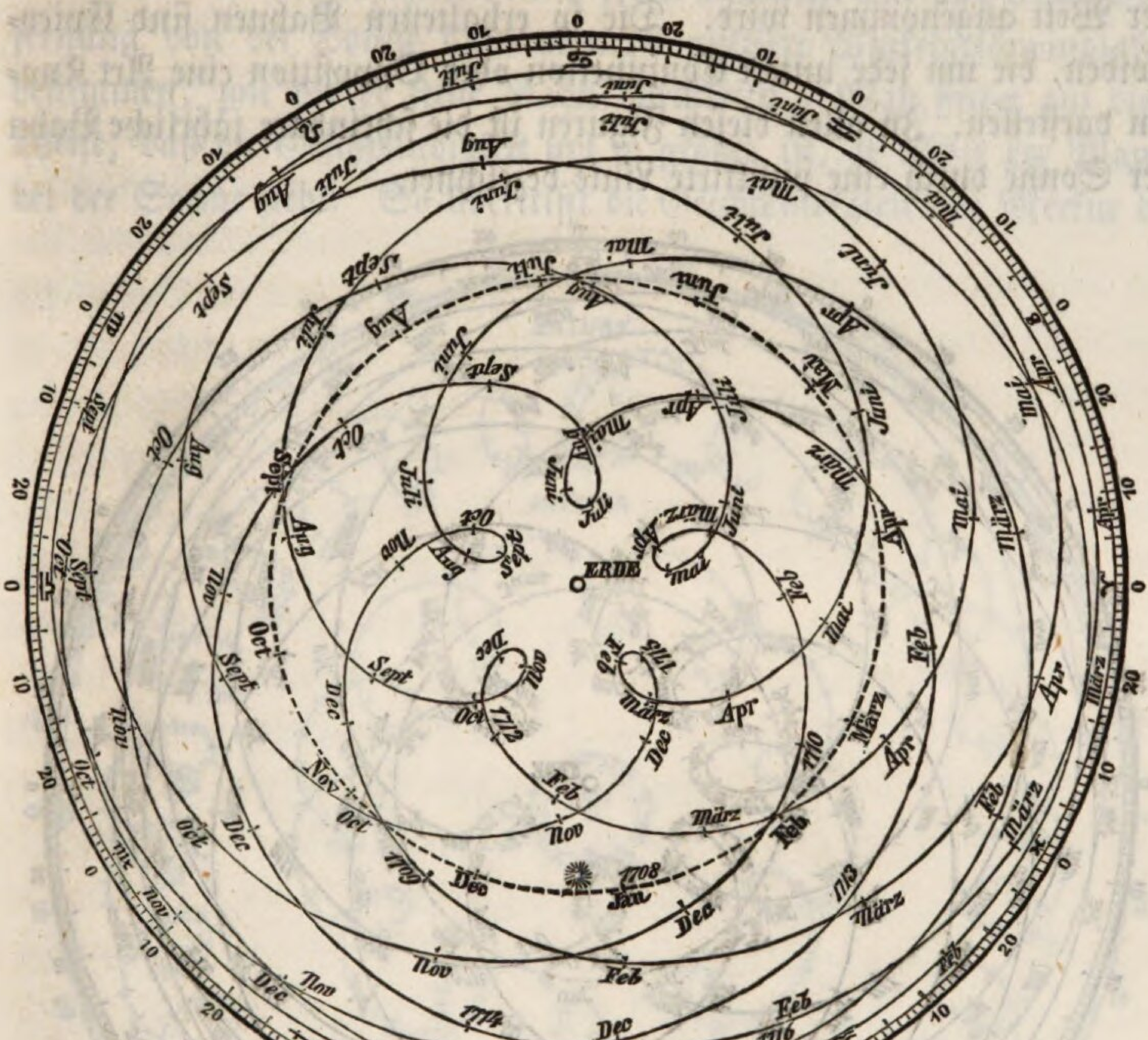


Fig. 175. — Bahn der Venus in Bezug auf die Erde von 1708 bis 1716 nach Cassini.

Opposition erreicht, langsamer wird, und endlich stillsteht; daß er nach dem Stillstande von einiger Dauer sich anschickt von Ost nach West zu gehen, mit dieser rückläufigen Bewegung in der Opposition anlangt, und daß diese rückläufige Bewegung, noch über die Opposition hinaus fortgesetzt, den Planeten zu einem zweiten Stillstande führt, von dem aus er seine rechtläufige, also von West nach Ost gerichtete Bewegung wieder annimmt.

Die Figuren 174, 175, 176 und 177, welche Cassini in den Memoiren der pariser Akademie von 1709 gegeben hat[4]), stellen die Bahnen dar, welche Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn um die Erde beschreiben, wenn letztere als unbeweglich im Mittelpunkte der Welt angenommen wird. Die so erhaltenen Bahnen sind Epicycloiden, die um jede untere Conjunction oder Opposition eine Art Knoten darstellen. In allen diesen Figuren ist die scheinbare jährliche Bahn der Sonne durch eine punktirte Linie bezeichnet.

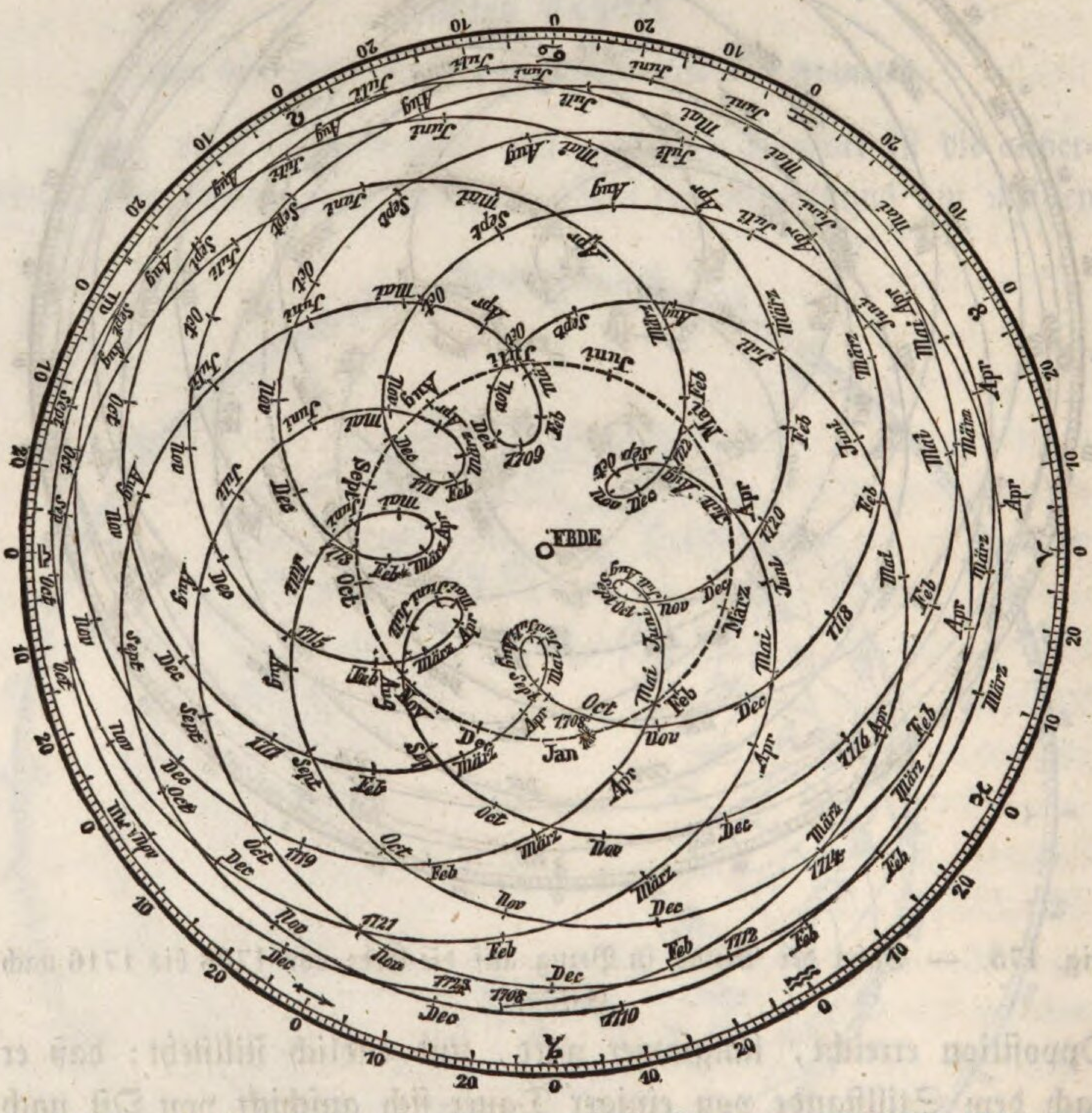


Fig. 176. — Bahn des Mars in Bezug auf die Erde von 1708 bis 1723 nach Cassini.

Die alten Astronomen wußten von diesen abwechselnden recht- und rückläufigen, durch zwei Stationen oder Stillstandspunkte getrennten Bewegungen nur durch die Hypothese der Epicykeln Rechenschaft zu geben, eine Hypothese, die, wie man sehr bald sehen wird, den

einfachsten, elementarsten und klarsten mechanischen Grundsätzen widerstreitet. Diese Bewegungen erklären sich dagegen sehr natürlich, sobald man die Erde als einen Planet annimmt.

Aus den Umlaufszeiten eines jeden Planeten und aus seiner Entfernung von der Sonne kann man die mittlere Winkelgeschwindigkeit bestimmen, mit der er seine Bahn durchläuft. Man findet auf diese Weise, daß die Geschwindigkeit um so größer ist, je näher der Planet bei der Sonne steht. So übertrifft die Geschwindigkeit des Merkur die

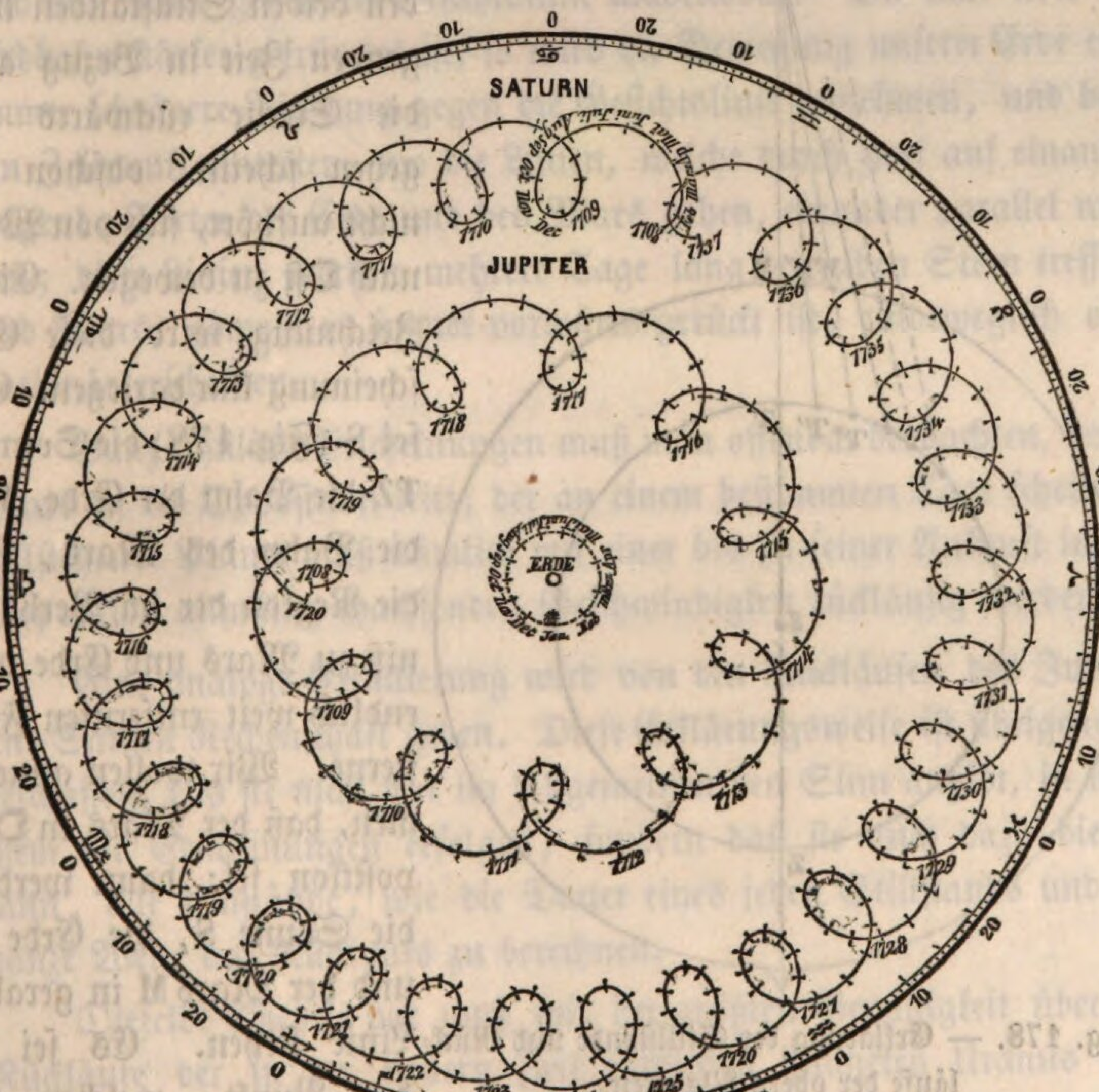


Fig. 177. — Bahn des Jupiter in Bezug auf die Erde von 1708 bis 1720, und des Saturn von 1708 bis 1737, nach Cassini.

der Venus, die Geschwindigkeit der Venus ist größer als die der Erde, letztere wieder größer als die des Mars u. s. f., nach Maßgabe der weitern Entfernung von der Sonne. Diese Winkelgeschwindigkeiten sind in der im sechsten Kapitel (S. 201 u. 202) mitgetheilten Tabelle unter der

Ueberschrift „Mittlere tägliche Bewegung" enthalten. Hiermit läßt sich ohne Schwierigkeit nachzuweisen, daß Mars, Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun in ihren scheinbaren Bewegungen, wie sie von der Erde aus beobachtet werden, zwei Stillstände zeigen, den einen vor und den andern nach der Opposition, und daß der Planet in der zwischen den beiden Stillständen liegenden Zeit in Bezug auf die Sterne rückwärts zu gehen scheint, obschon er nicht aufhört, sich von West nach Ost zu bewegen. Eine Zeichnung wird diese Erscheinung klar darlegen. Es sei S (Fig. 178) die Sonne, TZ die Bahn der Erde, VM die Bahn des Mars, ER die Region der im Verhältniß zu Mars und Erde unendlich weit entfernten Fixsterne. Wir wollen annehmen, daß der Mars in Opposition sei; dann werden die Sonne S, die Erde T und der Mars M in gerader Linie stehen. Es sei T′ der Punkt, welchen die Erde am nächsten Tage nach der Opposition einnimmt, M′ der Ort, zu welchem der Mars bis zu demselben Zeitpunkte gelangt ist, wo M′ ebenso links von M, wie der Punkt T vom Punkte T′ liegt, weil beide Planeten sich in dieser Zeit nach derselben Richtung bewegt haben. Zufolge der kurz zuvor über die relativen Geschwindigkeiten gemachten Bemerkung wird MM′, wenn wir wollen, daß die Zeichnung die Ver-

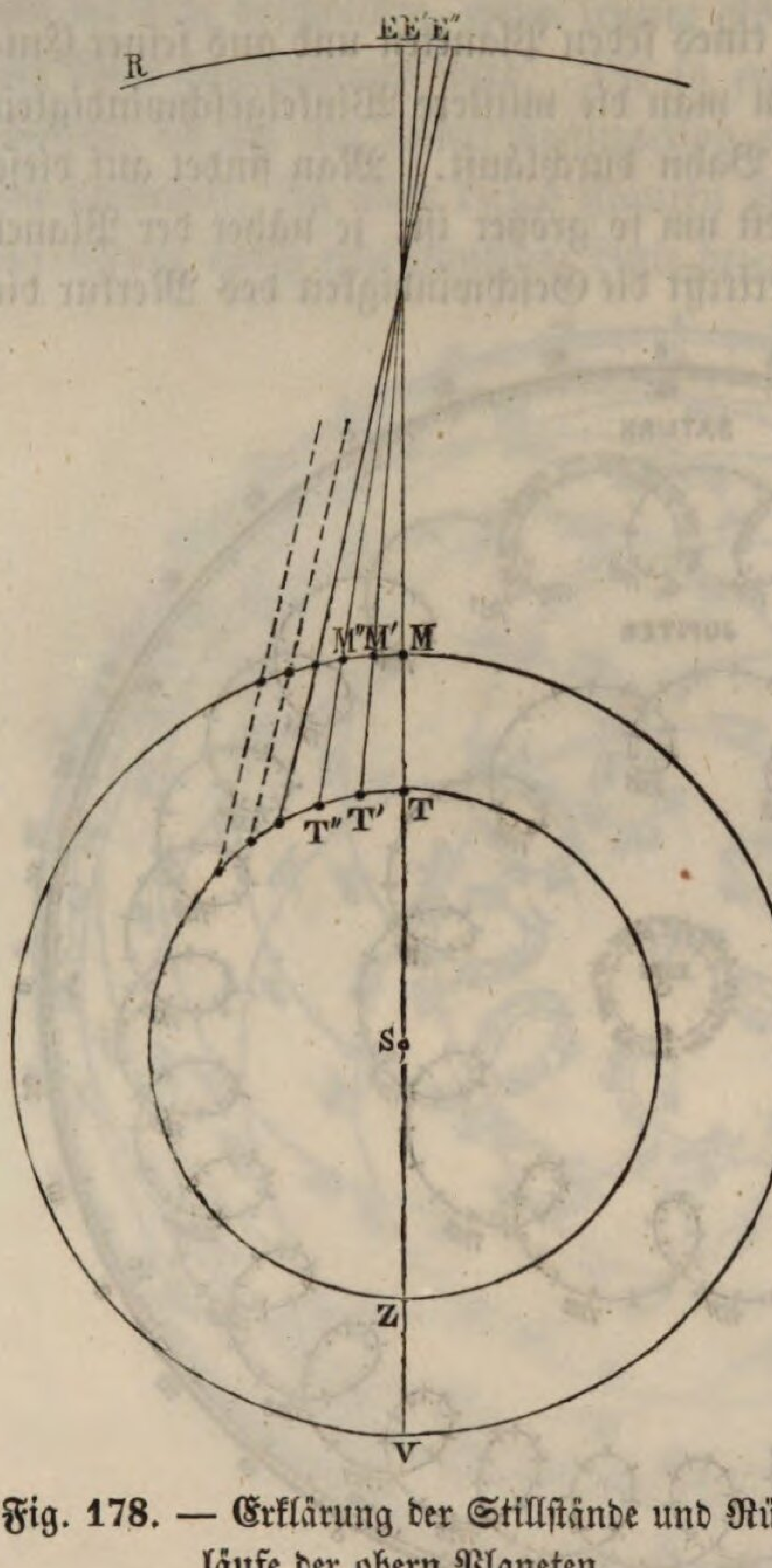


Fig. 178. — Erklärung der Stillstände und Rückläufe der obern Planeten.

hältnisse darstellt, wie sie in Wirklichkeit sind, kleiner sein müssen als TT′. Während am Tage der Opposition die Linie STM am Himmel den Stern E trifft, wird dann die Gesichtslinie T′M′, welche dem nächsten Tage nach der Opposition entspricht, weil MM′ kleiner ist, als TT′, nur wie die Figur es darstellt, nach einem Sterne gerichtet sein können, der rechts von dem Sterne E liegt, durch welchen dieselbe am Tage der Opposition selbst ging. An dem nächstfolgenden Tage ist derselbe Schluß auf die Lage der durch die Orte T″ und M″ der Erde und des Mars gehenden Gesichtslinie anwendbar. Da nun aber die Erdbahn stärker gekrümmt ist, so wird die Bewegung unserer Erde eine immer schrägere Richtung gegen die Gesichtslinie annehmen, und bald ein Zeitpunkt eintreten, wo die Linien, welche durch zwei auf einander folgende Oerter der Erde und des Mars gehen, einander parallel werden; diese Linien werden mehrere Tage lang denselben Stern treffen, und Mars, obwohl er immer vorwärts gerückt ist, unbeweglich oder stationär erscheinen.

Ganz ähnliche Erscheinungen muß man offenbar beobachten, bevor Mars in die Opposition tritt; der an einem bestimmten Tage scheinbar stillstehende Planet muß nämlich mit einer bis zu seiner Ankunft in der Opposition allmälich wachsenden Geschwindigkeit rückläufig werden.

Eine analoge Erläuterung wird von den Rückläufen des Jupiter und Saturn Rechenschaft geben. Diese Erklärungsweise ist übrigens so beschaffen, daß sie nicht nur im Allgemeinen den Sinn angibt, in welchem die Erscheinungen erfolgen, sondern daß sie auch dazu dienen kann, alle Umstände, wie die Dauer eines jeden Stillstands und die ganze Weite des Rücklaufs zu berechnen.

Dieselbe Theorie hat auch mit der größten Genauigkeit über die Rückläufe der in der neuern Zeit entdeckten Planeten Uranus und Neptun, so wie der zwischen Mars und Jupiter eingeschlossenen zahlreichen Asteroiden Rechenschaft gegeben.

So haben also die Erscheinungen der Stillstände und Rückläufe in der Planetenbewegung, deren Erklärung die größten Geister des Alterthums vergeblich versucht hatten, zum Beweise gedient, daß die Erde ein Planet ist, der ebenso wie jeder der übrigen, dem Alterthume

längst bekannten, oder der später entdeckten Planeten den von Keppler aufgestellten Gesetzen gehorcht.

Beim Schlusse dieses Kapitels erinnere ich nochmals daran, daß man bei der Discussion von nur solchen Beobachtungen, welche ein im Mittelpunkte der Sonne stehender Beobachter angestellt hätte, wegen der Unbeweglichkeit der Beobachtungsstation keine Spur weder eines Stillstandes noch eines Rücklaufs finden würde; so daß also feststeht, daß diese auffallende Erscheinung nur eine Täuschung ist, welche von der fortwährenden Ortsveränderung des Beobachters herrührt; dieselbe liefert den besten nur erdenkbaren Beweis von dem täglichen Fortrücken unseres Erdkörpers.

Neuntes Kapitel.

Theorie der Epicykeln.

Die Alten haben den Versuch gemacht, die Stillstände und Rückläufe der Planeten mit ihren astronomischen Vorstellungen in Beziehung zu setzen. Ueber dieses Hauptphänomen keine Auskunft geben zu können, wäre das Geständniß gewesen, daß man über das Weltsystem gar keine bestimmte Kenntniß habe. Auch fehlt es nicht an Erklärungen; aber was für Erklärungen! Ich will mit wenigen Worten eine Idee von der berühmten Theorie der Epicykeln (d. h. von Kreisen, die sich auf Kreisen bewegen) zu geben suchen.

Die Alten glaubten, alle planetarischen Bewegungen müßten gleichförmig in Kreisen erfolgen, weil nach ihrer Meinung die gleichförmige Bewegung die regelmäßigste, und der Kreis die vollkommenste und vornehmste der krummen Linien war. Wie aber war diese Vorstellung und die Annahme der Unbeweglichkeit der Erde mit den Stillständen und den abwechselnd recht- und rückläufigen Bewegungen der Planeten zu vereinigen?

Nach dem Berichte des Ptolemäus scheint es, als ob Apollonius von Perga, der etwas über 200 Jahr vor Chr. lebte, der erste Urheber

der Theorie der Epicykeln ist, mittelst deren die schwierige Aufgabe gelöst wurde.

Nehmen wir an, daß die Erde T (Fig. 179) in dem Mittelpunkte eines Kreises stehe, dessen Umfang die Hauptbahn eines Planeten dar-

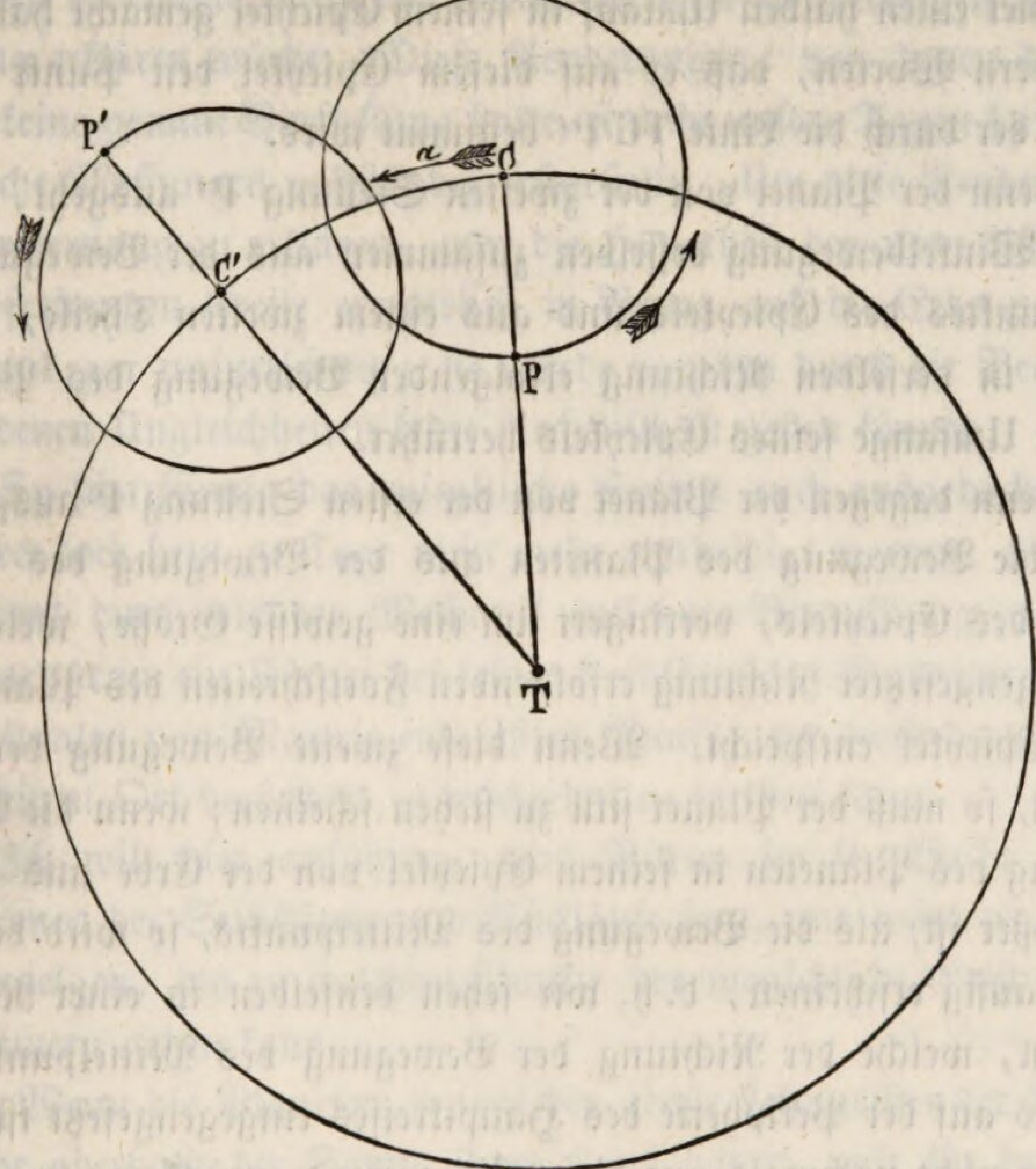


Fig. 179. — Theorie der Epicykeln.

stellt, und von den alten Astronomen mit dem Namen des deferirenden Kreises belegt wurde. Um den Punkt C dieser Bahn als Mittelpunkt beschreiben wir einen zweiten Kreis, und machen die weitere Voraussetzung, daß der Umfang dieses zweiten Kreises, welcher der Epicykel heißt, die Bahn vorstelle, welche der Planet durchläuft, während der Mittelpunkt des Epicykels sich gleichförmig auf dem Umfange des ersten Kreises bewegt.

Es bewege sich der Mittelpunkt C von rechts nach links in der Richtung des Pfeiles a, und der Planet durchlaufe seinen Epicykel in derselben Richtung. Wenn wir von der Stellung des Planeten aus-

gehen, wo er auf der Linie TPC steht, so wird dies in Bezug auf die Erde eine Art von Conjunction sein. Wir wollen nun den Epicykel um den Punkt C′ ziehen, und annehmen, daß in derselben Zeit, in welcher der Mittelpunkt des Epicykels den Bogen CC′ durchlaufen hat, der Planet einen halben Umlauf in seinem Epicykel gemacht habe, oder mit andern Worten, daß er auf diesem Epicykel den Punkt P′ einnehme, der durch die Linie TC′P′ bestimmt wird.

Wenn der Planet von der zweiten Stellung P′ ausgeht, so setzt sich die Winkelbewegung desselben zusammen aus der Bewegung des Mittelpunktes des Epicykels und aus einem zweiten Theile, welcher von der in derselben Richtung erfolgenden Bewegung des Planeten auf dem Umfange seines Epicykels herrührt.

Wenn dagegen der Planet von der ersten Stellung P ausgeht, so besteht die Bewegung des Planeten aus der Bewegung des Mittelpunktes des Epicykels, verringert um eine gewisse Größe, welche dem in entgegengesetzter Richtung erfolgenden Fortschreiten des Planeten in seinem Epicykel entspricht. Wenn diese zweite Bewegung der ersten gleich ist, so muß der Planet still zu stehen scheinen; wenn die Winkelbewegung des Planeten in seinem Epicykel von der Erde aus gesehen aber größer ist, als die Bewegung des Mittelpunkts, so wird der Planet rückläufig erscheinen, d. h. wir sehen denselben in einer Richtung fortgehen, welche der Richtung der Bewegung des Mittelpunkts des Epicykels auf der Peripherie des Hauptkreises entgegengesetzt ist.

Um nicht nochmals auf diesen Gegenstand zurückkommen zu müssen, will ich hier hinzufügen, daß man, um eine gewisse Ungleichheiten in der Planetenbewegung erklären zu können, bisweilen auf den Umfang eines ersten Epicykels einen zweiten Epicykel von mehr oder minder großem Radius gesetzt hat; auf dem Umfange dieses zweiten Epicykels ließ man dann erst den Planeten sich bewegen. Ich glaube mich zu erinnern, daß mehrere Astronomen soweit gegangen sind, daß sie drei aufeinander gesetzte Epicykeln annahmen, und dieß selbst unter der Voraussetzung, daß der Mittelpunkt der Erde nicht mit dem Mittelpunkte des Haupt- oder deferirenden Kreises zusammenfiel. Ausgemacht ist, wie solches auch Lagrange sehr einfach in den Abhandlungen der pariser Akademie der Wissenschaften von 1772 gezeigt

hat, daß die Ungleichheiten in den Winkelbewegungen eines Planeten stets, wie sie auch beschaffen sein mögen, durch hinreichende Vervielfältigung der Epicykel dargestellt werden können; aber ich muß bemerken, daß dasselbe System, welches von den Winkelbewegungen Rechenschaft zu geben vermöchte, nicht mit Genauigkeit die Aenderungen in der Entfernung erklären würde. Diese Aenderungen, von denen das Alterthum keine genaue Vorstellung hatte, sind in unsern Tagen durch mikrometrische Messungen vollständig festgestellt. Um diese Aenderungen in der Entfernung zu erklären, war die Hypothese der alten Astronomen, die deferirenden Kreise excentrisch in Bezug auf die Erde zu nehmen, ganz und gar unzureichend; sie würde von den durch die Beobachtung gefundenen Ungleichheiten keine Rechenschaft geben können.

So scharfsinnig das epicyklische System auch ausgedacht war, so kann es doch heut zu Tage nicht mehr vertheidigt werden; es stellt sich besonders durch die der Mechanik entlehnte Betrachtung als unhaltbar dar, daß ein Körper bei seiner kreisförmigen Bewegung nicht um einen idealen von Materie entblößten Punkt, der noch dazu fortwährend seinen Ort verändert, zurückgehalten werden kann.

Ich will hier anführen, was Vitruv im 9. Buche über das Phänomen der Stillstände und Rückläufe sagt, und wäre es auch nur, um zu zeigen, bis zu welchem Punkte der menschliche Geist in seinen Irrthümern gehen kann.

„Wenn die Planeten," sagt der große Lehrmeister der Baukunst, „welche oberhalb der Sonne ihren Lauf haben, mit ihr im Gedrittschein stehn, so schreiten sie nicht weiter vor, sondern stehen still oder weichen selbst zurück u. s. w. Einige glauben, es geschähe dies, weil die Sonne dann weit von ihnen entfernt sei und ihnen nur wenig Licht zusende; da dieses nicht genug für sie sei, um so zu sagen ihren Weg, der sehr finster ist, zu finden, so bleiben sie stehen."

Vitruv stimmt dem nicht bei, daß der Stillstand der Planeten eine Folge der Schwierigkeit sei, in der Finsterniß ihren Weg zu finden; sondern er nimmt eine gewisse Anziehung, welche die Sonnenwärme auf die Gestirne ausüben sollte, zu Hülfe, und trägt kein Bedenken, ohne Zweifel infolge einer schlecht erklärten Beobachtung über die Kälte, welche man auf dem Gipfel hoher Berge empfindet, mit Euripides anzunehmen:

„Daß das von der Sonne Entferntere viel stärker erhitzt werde, und das ihr Nähere nur eine mäßige Wärme besitze."

Die in dem vorstehenden Kapitel angegebene Erklärung der Stillstände und Rückläufe, die sich auf die Verringerung der Geschwindigkeiten der Planeten in dem Maße als sie weiter von der Sonne abstehen stützt, bildet meines Erachtens den glänzendsten Theil des Werkes De Revolutionibus, der seinem Verfasser Kopernikus die größte Ehre macht.

Zehntes Kapitel.

Geschichtliches über die Umlaufsbewegung der Erde um die Sonne.

Aristarch von Samos, der um 280 v. Ch. lebte, nahm an, wie Archimedes und Plutarch erwähnen, daß sich die Erde um die Sonne bewege, und wurde deshalb der Religionsverachtung angeklagt.

Kleanthes aus Assos, der um 260 v. Ch. lebte, wäre nach Plutarch der erste gewesen, der die Erscheinungen am gestirnten Himmel durch die Umlaufsbewegung der Erde um die Sonne in Verbindung mit der Umdrehungsbewegung derselben Erde um ihre Axe zu erklären versucht hat. Diese Erklärung war demselben Historiker zufolge dergestalt neu und den damals allgemein geltenden Ideen widersprechend, daß verschiedene Philosophen vorschlugen, gegen Kleanthes, ebenso wie früher gegen Aristarch geschehen war, die Anklage der Religionsverachtung zu erheben [5]).

Das aus dem Alterthume stammende Planetensystem, so wie es uns Ptolemäus überliefert hat, stellt also die Erde als den Mittelpunkt der Planetenbewegungen dar. Um die Erde (T ♁) bewegen sich (Fig. 180) fast in derselben Ebene die sieben von den Alten Planeten genannten Gestirne, nämlich der Mond (L ☾), Merkur (Me ☿), Venus (V ♀), die Sonne (So ☉), Mars (Ma ♂), Jupiter (J ♃) und Saturn (Sa ♄). Die Radien der deferirenden Kreise, welche durch die Mittelpunkte der Epicykeln des Merkur und der Venus gehen, sind stets nach der Sonne gerichtet. Die von Mars, Jupiter und Saturn nach den

Mittelpunkten ihrer beziehlichen Epicykeln gezogenen Radien müssen stets der geraden Linie TSo, welche die Erde mit der Sonne verbindet, parallel bleiben. Uebrigens liegen die deferirenden Kreise der sieben

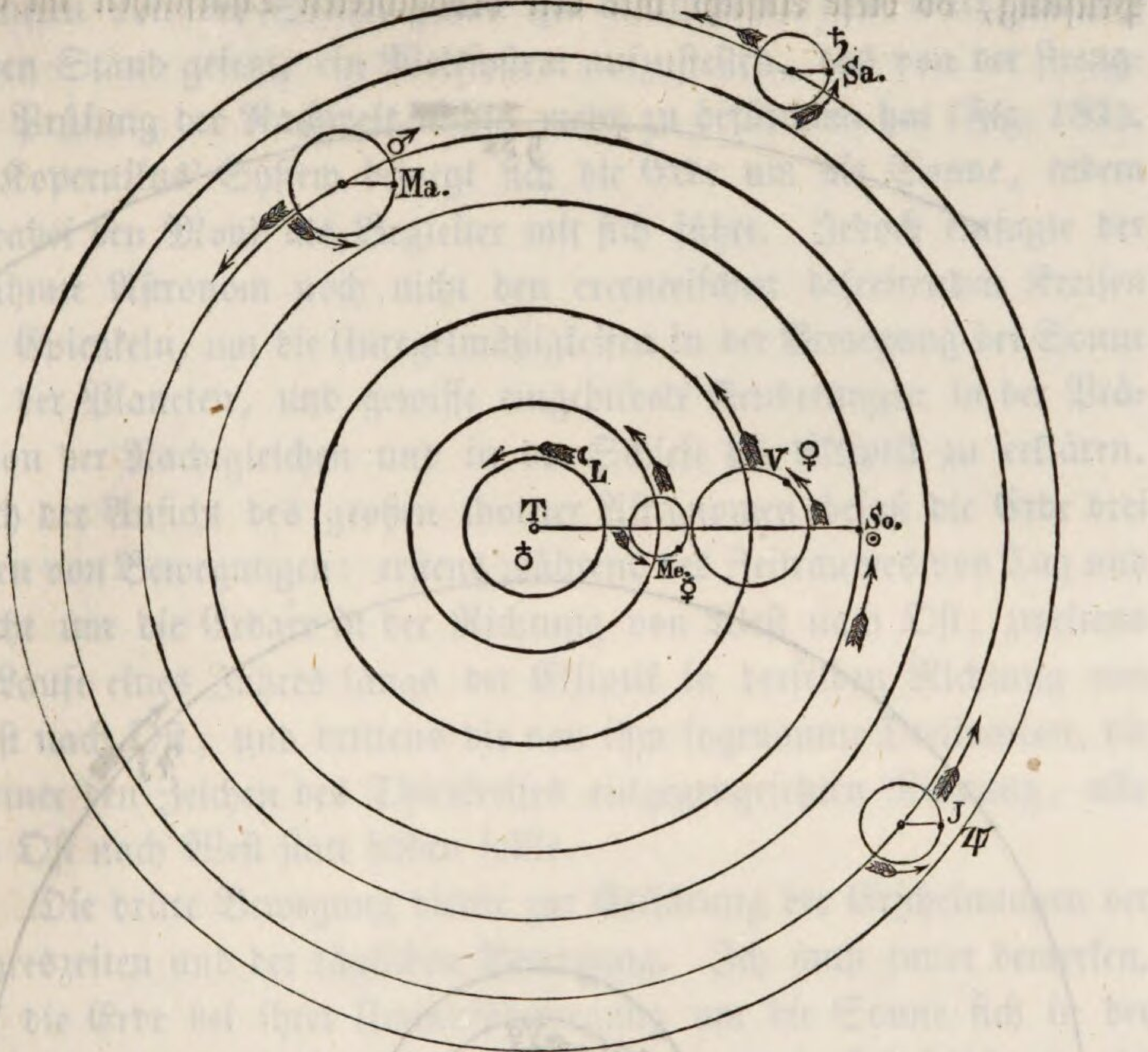


Fig. 180. — Planetensystem des Ptolemäus.

um unsere Erde wandernden Sterne excentrisch in Bezug auf letztere. Dies ist das Ptolemäische System, in dem jede der Hypothesen sozusagen ein Irrthum ist.

Man sieht, daß die alten Astronomen, während sie die Erde als unbewegt und als den Mittelpunkt der Planetenbewegungen betrachteten, doch eine gewisse Abhängigkeit zwischen den scheinbaren Bewegungen der Planeten und der scheinbaren Bewegung der Sonne erkannt hatten; aber die Verwickelungen, welche das Weltsystem ihnen darbot, vermochten sie nicht zu entwirren. Kopernikus suchte im sechszehnten Jahrhundert alle Schwierigkeiten der Aufgabe zu lösen, indem er die ehemals von dem pythagoreischen Philosophen Philolaus aufgestellten

Ideen wieder auffaßte; der letztere Gelehrte hatte die Ansicht vertheidigt, daß die Erde ein Planet sei, der um die Sonne laufe. Kopernikus beginnt in seinem großen Werke: De Revolutionibus mit der Prüfung, ob diese Ansicht mit den beobachteten Thatsachen im Ein-

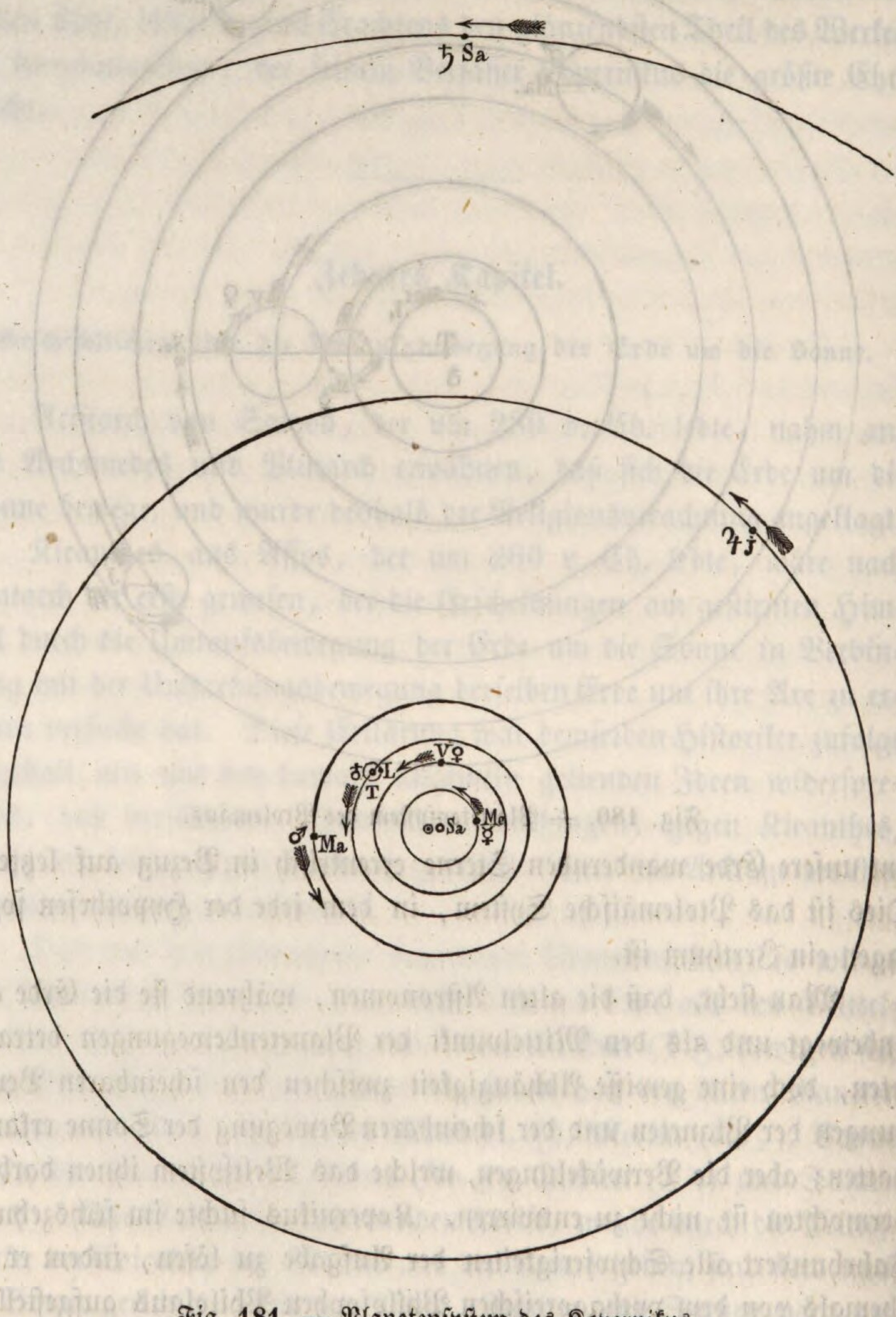


Fig. 181. — Planetensystem des Kopernikus.

klange stehe. Er fand dann, daß die Hypothese von der Fortbewegung der Erde längs einer um die Sonne gelegten Bahn eine passende Basis gibt, um die Verhältnisse der Entfernungen der verschiedenen Planeten von der Sonne genau zu bestimmen, und ward dadurch in den Stand gesetzt, ein Weltsystem aufzustellen, das von der strengsten Prüfung der Nachwelt nichts mehr zu befürchten hat (Fig. 181). In Kopernikus' System bewegt sich die Erde um die Sonne, indem sie dabei den Mond als Begleiter mit sich führt. Jedoch entsagte der berühmte Astronom noch nicht den excentrischen deferirenden Kreisen und Epicykeln, um die Unregelmäßigkeiten in der Bewegung der Sonne und der Planeten, und gewisse eingebildete Aenderungen in der Präcession der Nachtgleichen und in der Schiefe der Ekliptik zu erklären. Nach der Ansicht des großen thorner Astronomen besaß die Erde drei Arten von Bewegungen: erstens während des Zeitraumes von Tag und Nacht um die Erdaxe in der Richtung von West nach Ost; zweitens im Laufe eines Jahres längs der Ekliptik in derselben Richtung von West nach Ost; und drittens die von ihm sogenannte Declination, die in einer den Zeichen des Thierkreises entgegengesetzten Richtung, also von Ost nach West statt haben sollte.

Die dritte Bewegung diente zur Erklärung der Erscheinungen der Jahreszeiten und der täglichen Bewegung. Ich muß zuvor bemerken, daß die Erde bei ihrer Umlaufsbewegung um die Sonne sich in der Weise bewegt, daß ihre Umdrehungsaxe stets mit sich selbst parallel oder nach denselben Regionen des Himmels gerichtet bleibt. Diese Nothwendigkeit hatte der thorner Kanonikus vollständig erkannt, und da sie mit den damaligen Vorstellungen von einer Umlaufsbewegung um ein Centrum unvereinbar schien, angenommen, daß die Erde, welche infolge der Richtung dieser Bewegung stets dieselben Theile nach der Sonne hin wenden müßte, kleine Verrückungen in sich erführe, kraft deren ihre Axe sich stets parallel bliebe. Dies nannte er die dritte Bewegung der Erde.

Ebenso wie die alten Philosophen glaubte Kopernikus, daß ein Körper sich nur um einen Mittelpunkt bewegen könnte, wenn er durch einen festen Körper gehalten würde, z. B. durch eine krystallene Sphäre, an deren Oberfläche er befestigt wäre. Unter dieser Voraussetzung

mußte stets ein und dieselbe Seite des Körpers in allen Lagen, welche die entsprechenden Punkte der Sphäre durch eine Rotationsbewegung erhielten, nach dem Mittelpunkte hin gewandt sein. Man begriff damals nicht, daß ein Körper sich frei, ohne gehalten zu werden, um einen Mittelpunkt bewegen, daß der Theil A eines solchen Körpers (Fig. 182), der in einem gewissen Zeitpunkte voran oder in dem Sinne

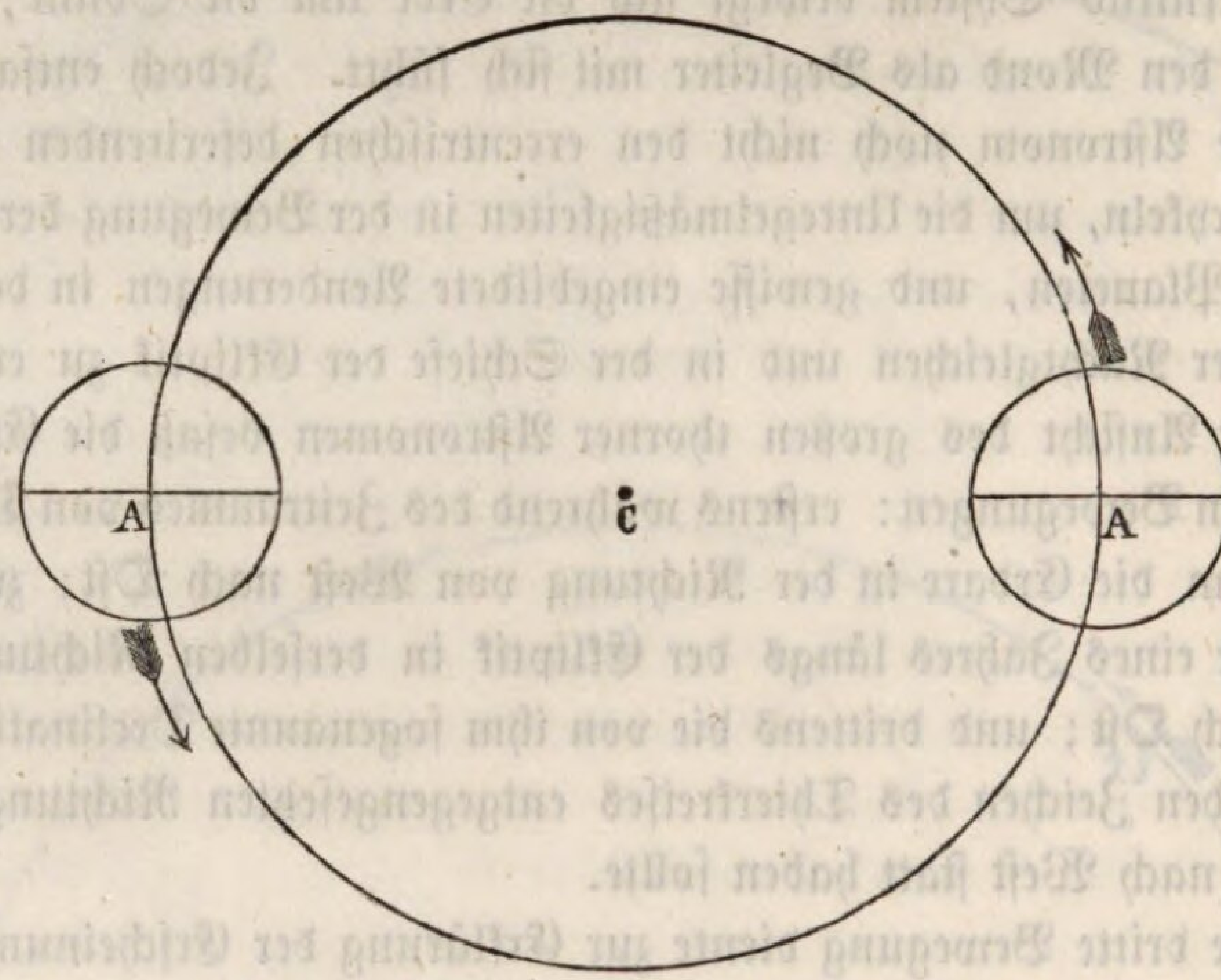


Fig. 182. — Umlauf eines Körpers um einen Mittelpunkt.

der Bewegung ging, nach Vollendung eines halben Umlaufs um den Centralkörper gewissermaßen rückwärts gehen könne, wie es die Figur zeigt.

Nachdem aber die mechanischen Begriffe sich vervollkommnet hatten, sah man bald, daß die Umlaufsbewegung einer Kugel um ein Centrum und ihre Umdrehungsbewegung um sich selbst von einander völlig unabhängig sind; daß eine Kugel die Umlaufsbewegung vollbringen kann, indem sie stets mit sich parallel bleibt, dergestalt, daß der Theil, welcher in einem Abschnitte der Bahn bei der Bewegung vorangeht, nach Vollendung eines halben Umlaufs nach hinten liegt.

Galilei zeigte durch einen sinnreich ausgedachten Versuch die Unabhängigkeit dieser beiden in Rede stehenden Bewegungen von einander; er bewies in seinem dritten Dialoge, daß einer Kugel eine mehr oder weniger schnelle Umlaufsbewegung um ein entferntes Centrum ertheilt

werden kann, ohne daß sie aufhört mit sich parallel zu bleiben. Zu diesem Endzwecke legte er eine Kugel in ein mit Wasser gefülltes Gefäß, nahm letzteres in die Hand, und gab ihm mit ausgestrecktem Arme eine schnelle Rotationsbewegung um seinen Körper, indem er sich auf den Fersen drehte. Diese Rotationsbewegung hinderte die Theile der schwimmenden Kugel nicht, stets nach denselben Regionen des Raumes gerichtet zu bleiben[6]).

Dieser Versuch ist von Galilei's Nachfolgern unter einer andern Form wiederholt worden; auf folgende Weise ist er in einer Schrift Bouguer's über die Bewegung der Apsiden (des Perigäums und Apogäums) beschrieben.

Ich bemerke, daß ich diese Stelle aus dem Gedächtniß anführe.

Gesetzt, ein Körper von beliebiger Form werde durch eine sehr feine durch seinen Schwerpunkt gehende Spitze getragen, und es ruhe diese Spitze auf einer sehr glatten ebenen Metallfläche; man ertheile nun dieser Ebene eine Rotationsbewegung um einen Punkt, entweder durch Tragen nach allen Theilen eines großen Saales, oder dadurch, daß der Beobachter sie mit ausgestrecktem Arme in einer gewissen Entfernung von seinem Leibe hält, und sich dann umdreht, so daß er selbst den Umdrehungsmittelpunkt der Metallscheibe bildet. In beiden angegebenen Fällen wird eine beliebige zwischen zwei gegenüberliegenden Punkten des Körpers gezogene Linie mit sich parallel bleiben oder stets nach derselben Weltgegend hin gerichtet sein, anstatt, wie Kopernikus glaubte, nach dem Mittelpunkte des Zimmers, in welchem der Versuch angestellt wird, oder nach dem Körper des Beobachters, der sich um sich selbst dreht, hinzuweisen.

Die Nothwendigkeit, den Körper von einer sehr feinen Spitze tragen zu lassen, leuchtet von selbst ein; denn nur unter dieser Bedingung werden die materiellen Punkte des unterstützten Körpers, die in der Nähe der Verlängerung der Axe der Spitze liegen, von der der Ebene ertheilten Umdrehungsbewegung keine Einwirkung erfahren, welche ihnen eine Rotationsbewegung um diese feine Axe ertheilt, eine Bewegung, die sich sofort auch den übrigen materiellen Punkten des Körpers mittheilen müßte.

Aus diesen richtig verstandenen Versuchen folgt, daß der Paral-

lismus der Axe der Erde während ihrer Bewegung um die Sonne in keiner Weise die Einwirkung einer Kraft erfordert, welche ihn unaufhörlich wiederherstellt, sondern daß dieses Phänomen in vollem Einklange ist mit den Gesetzen der Mechanik; die dritte von Kopernikus

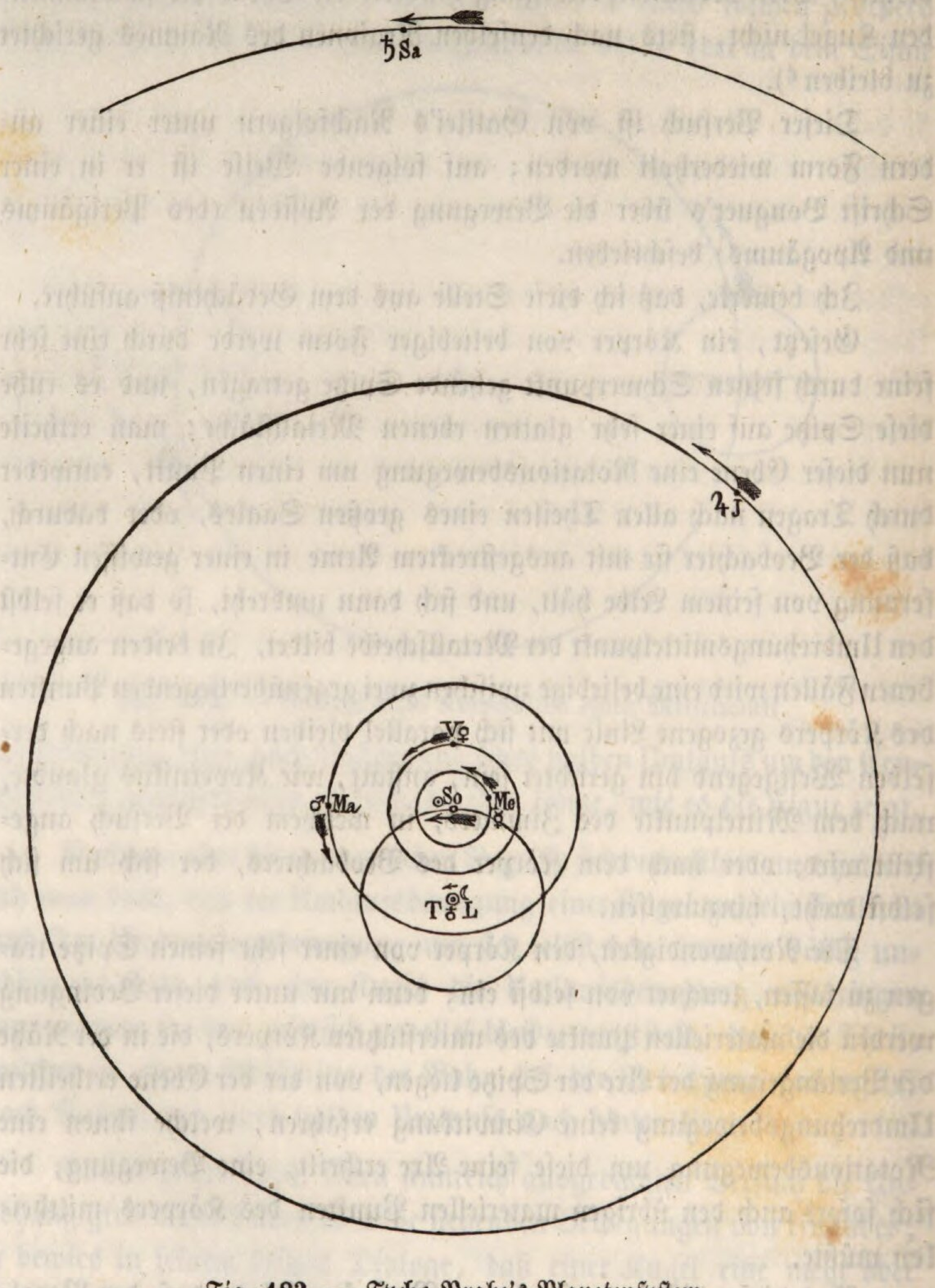


Fig. 183. — Tycho Brahe's Planetensystem.

eingeführte Bewegung, die ernstliche Schwierigkeiten gegen seine Erklärung der Planetenbewegungen bildete, ist völlig unnöthig [7]).

Kopernikus' Werk De Revolutionibus wurde zu Rom von der Congregation des Index verdammt. Bewogen durch den Einfluß religiöser, aus falscher Auslegung der Bibel stammenden Bedenken oder durch das Verlangen, seinen Namen an ein von dem kopernikanischen verschiedenes Weltsystem zu knüpfen, nahm Tycho Brahe die Erde als unbeweglich im Mittelpunkte der Welt an (Fig. 183); alle Planeten sollten die Sonne zum Centrum ihrer Bahnen haben, und die Sonne selbst sich nebst diesem Gefolge von Planeten um die Erde bewegen, um welche letztere übrigens Tycho den Mond unmittelbar umlaufen ließ. Man darf nicht glauben, daß der berühmte dänische Astronom bei der Aufstellung dieses Systemes sich von den Epicykeln, welche damals noch auf eine so wenig glückliche Weise alle aufgestellten Planetensysteme verwickelt machten, befreit hätte. In der That sieht man aus seinen Schriften, daß seiner Meinung nach die Bahn des Saturn mit der Sonne concentrisch war, und zwei Epicykel trug; erst auf dem Umfang des zweiten bewegte sich der Planet [8]). Tycho war außerdem der Ansicht, daß die Fixsterne der Bahn des Saturn sehr nahe wären, weil es nach seinen Aussprüchen absurd sein würde, an sternen- und planetenleere Räume zu glauben.

Keppler gebührt das Verdienst, das wahre Planetensystem aufgestellt zu haben, indem er Kopernikus' Ideen über die centrale Lage der Sonne, um welche sich die Planeten bewegen, wieder aufnahm, und die alten Hypothesen von gleichförmigen und kreisförmigen Bewegungen um einen außerhalb des Mittelpunktes gelegenen idealen, von aller Materie entblößten Punkt, so wie die sämmtlichen epicyklischen Bewegungen verschmähte. Nach Keppler ist die Sonne das Centrum der Bewegungen der Planeten, welche sie in elliptischen Bahnen, in deren einem Brennpunkte die Sonne steht, umkreisen. Um diese Annahme vor jedem Angriffe zu schützen, um sie als eine in Zukunft unwandelbare Wahrheit hinzustellen, führte er mit unermüdlicher Ausdauer eine ungeheure Menge von Rechnungen aus; Keppler stützte sich besonders auf die von Tycho über den Planeten Mars mit merkwürdiger Genauigkeit gemachten Beobachtungen. Es gelang ihm, alle beson-

dern Eigenthümlichkeiten in der Bewegung dieses Planeten, an welchen die Anstrengungen der ältern Astronomen gescheitert waren, zu erklären. Er fand so die drei unsterblichen Gesetze, welche seinen Namen tragen[9]). Die aufeinander folgenden Entdeckungen neuer Planeten haben nur zur Erhöhung der Gewißheit dieser Gesetze beigetragen, indem sie jeden neuen Himmelskörper in das Fig. 184, S. 224 dargestellte Weltsystem einweisen.

Elftes Kapitel.

Planetenbahnen.

Wir haben früher die Annahme gemacht, daß die Planeten sich in der Ebene der Ekliptik bewegten, während in Wirklichkeit ihre Bahnen mit dieser Ebene einen merklichen Winkel bilden. Es hat keine Schwierigkeit, den Zeitpunkt zu bestimmen, an welchem der Planet die Breite Null hat, wo er sich also in der Ekliptik oder in seinem Knoten befindet. Geht der Planet bei seinem Durchgange durch die Ekliptik von Süden nach Norden, so ist er in seinem aufsteigenden Knoten, dagegen in seinem niedersteigenden, wenn er von Norden nach Süden geht. Aus der Vergleichung der Zeitpunkte dieser beiden Durchgänge durch die Ekliptik erhält man Bestimmungen der beiden halben Umlaufszeiten des Planeten, was von Wichtigkeit ist, wenn es sich darum handelt, zwischen den beobachteten Werthen zu interpoliren, um daraus die heliocentrischen Oerter des Himmelskörpers für eine gegebene Zeit herzuleiten.

Führt man die Berechnung der Dreiecke STM (Fig. 170, Kap. 5, S. 197) für die Zeitpunkte aus, wo der Planet sich in seinem Knoten befindet, so erhält man die heliocentrischen Längen dieser beiden wichtigen Punkte seiner Bahn. Es ergibt sich dann, daß diese beiden Längen von einander um 180° verschieden sind, so daß also die beiden Knoten diametral einander gegenüber stehen oder in einer durch die Sonne gezogenen geraden Linie liegen. Hieraus folgt, daß die Ebenen der Bahnen (denn die Bahnen aller Planeten sind sehr nahe Ebenen)

die Ekliptik in einer durch die Sonne gehenden Linie schneiden. Macht man dagegen Beobachtungen, wenn die Erde in der Knotenlinie steht, so dienen diese, um genaue Werthe für die Neigungen der Bahnen gegen die Ekliptik zu finden. Doch ich muß schnell über alle diese Einzelheiten hinweggehen, da der Zweck dieses Kapitels nur war, den Geist der Methode, welche die Astronomen zur Erreichung der von ihnen beabsichtigten Resultate befolgt haben, anzudeuten.

Seitdem es bewiesen ist, daß die Planeten sich in Ellipsen bewegen, muß man die beiden Endpunkte der großen Achsen als diejenigen Punkte bezeichnen, in denen diese Himmelskörper die kleinste und größte Entfernung von der Sonne haben. Der Endpunkt der großen Axe, welcher der Sonne am nächsten liegt, heißt das Perihelium, der entgegengesetzte das Aphelium; im Perihelium hat zufolge des zweiten Keppler'schen Gesetzes die Winkelbewegung der Planeten, von der Sonne aus gesehen, ihren größten, in dem Aphelium dagegen ihren kleinsten Werth unter allen.

Durch Vergleichung der heliocentrischen Bewegungen ist man im Stande, die Lage der Endpunkte der großen Axen für alle Planetenbahnen zu bestimmen. Man findet so, daß diese Endpunkte am Himmel nicht fest liegen, sondern daß sie von Jahr zu Jahr merklich ihren Ort ändern. Dasselbe gilt von der Lage der Knotenlinien.

Durch die Vergleichung der Geschwindigkeiten im Perihelium und Aphelium ist man zu der Entdeckung gelangt, daß die Excentricitäten der Bahnellipsen der Planeten gleichfalls veränderlich sind. Die gleich nachher folgenden Tabellen geben die Elemente aller Planetenbahnen, wie sie aus den besten Beobachtungen folgen, und die Aenderungen dieser Elemente für die alten Planeten.

Die beiden Durchschnitte der großen Axe der Ellipse mit dieser krummen Linie heißen die Apsiden, von dem griechischen Worte ἄψις, das so viel wie Krümmung, Wölbung, Umfang eines Rades bezeichnet. Die obere Apside einer Planetenbahn, in deren einem Brennpunkte die Sonne steht, ist das Aphelium (vom Griechischen ἀπὸ ἡλίου, fern von der Sonne), die untere das Perihelium (von περὶ ηλίου, nahe bei der Snn e).

Die Elemente der Bahn eines Planeten sind der Zahl nach sieben:

1) Neigung der Ebene der Bahn gegen die Ekliptik.

2) Die halbe große Axe der Ellipse, oder die mittlere Entfernung des Planeten von der Sonne, dabei die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne als Einheit gesetzt. Bei der Erläuterung der Entdeckung der Keppler'schen Gesetze habe ich dieses Element für alle Planeten angegeben (Kap. 6, S. 201 u. 202).

3) Die Excentricität der Ellipse oder das Verhältniß zwischen dem Abstande des Brennpunktes vom Mittelpunkte und der halben großen Axe, letztere dabei als Einheit genommen.

4) Die Länge des Periheliums.

5) Die Länge des aufsteigenden Knotens.

6) Die Länge des Ortes des Planeten für einen gegebenen Zeitpunkt (Epoche).

7) Die Dauer der siderischen Umlaufszeit des Planeten.

Dieses letzte siebente Element kann nach dem dritten Keppler'schen Gesetze über die Gleichheit der Verhältnisse der Quadrate der Umlaufszeiten der Planeten und der Cuben ihrer mittleren Entfernungen aus der Kenntniß des zweiten Elementes, also aus der mittleren Entfernung des Planeten hergeleitet werden.

Es bleiben folglich nur sechs Elemente übrig, mittelst deren man stets durch Rechnung den Ort, welchen ein Planet zu einer gegebenen Zeit einnehmen muß, und folglich auch die Richtung, in welcher er von der Erde aus gesehen erscheint, bestimmen kann.

Die Mechanik des Himmels beweist, daß zwischen diesen sechs Elementen zwei Gleichungen existiren, so daß, wenn man drei Beobachtungen eines neuen Planeten in Länge und Breite, oder (was auf dasselbe hinauskommt, da wir früher gesehen haben, daß es leicht ist, von einem Coordinatensysteme zu einem andern überzugehen) in Declination und Rectascension gemacht hat, durch die Einführung der beobachteten Werthe in diese beiden Gleichungen sechs Gleichungen erhalten werden, welche nach den Regeln der Algebra die sechs Elemente des neuen Planeten finden lassen und denselben vollständig bestimmen.

In den folgenden Tabellen, welche die Elemente der Bahnen aller Planeten enthalten, wie sie Herr Laugier in dem Annuaire du Bureau des Longitudes gegeben hat, sind die Längen für jeden Planeten auf

das mittlere Aequinoctium der Epoche bezogen, so daß also dieses Aequinoctium den Nullpunkt bildet, von welchem aus jene Längen gezählt sind.

Hauptplaneten.

Namen der Planeten.	Excentricität.	Neigung.			Länge des Periheliums.		
☿ Merkur	0.2056063	7°	0′	5″	74°	20′	42″
♀ Venus	0.0068618	3	23	29	128	43	6
♁ Erde	0.01679226	0	0	0	99	30	29
♂ Mars	0.0932168	1	51	6	332	22	51
♃ Jupiter	0.0481621	1	18	52	11	7	38
♄ Saturn	0.0561505	2	29	36	89	8	20
♅ Uranus	0.0466794	0	46	28	167	30	24
♆ Neptun	0.0087195	1	46	59	47	14	37

Namen der Planeten.	Länge des aufsteigenden Knotens.			Mittlere Länge in der Epoche.			Epoche.
☿ Merkur	45°	57′	38″	112°	16′	4″	1. Januar 1800.
♀ Venus	74	51	41	146	44	56	id.
♁ Erde	0	0	0	100	53	30	id.
♂ Mars	47	59	38	233	5	34	id.
♃ Jupiter	98	25	45	81	54	49	id.
♄ Saturn	111	56	7	123	6	29	id.
♅ Uranus	72	59	21	173	30	37	id.
♆ Neptun	130	6	52	335	8	58	id.

Kleine Planeten.

Namen der Planeten.	Excentricität.	Neigung.			Länge des Periheliums.		
(8) Flora	0.1567974	5°	53′	3″	32°	49′	45″
(18) Melpomene	0.2171874	10	9	2	15	13	59
(12) Victoria	0.2181980	8	23	7	301	55	18
(27) Euterpe	0.174555	1	35	30	88	2	13
(30) Urania	0.1548980	1	56	42	26	43	27
(4) Vesta	0.0888410	7	8	25	250	44	3
(33) Polyhymnia	0.2243889	1	22	21	22	25	50

Namen der Planeten.		Excentricität.	Neigung.			Länge des Periheliums.		
(7)	Iris	0.2323515	5	28	16	41	20	22
(9)	Metis	0.1228221	5	35	55	71	33	11
(24)	Phocea	0.2464024	21	42	30	302	35	31
(20)	Massalia	0.1457463	0	41	4	98	19	1
(6)	Hebe	0.2020077	14	46	32	15	15	26
(19)	Fortuna	0.1555438	1	33	18	31	16	13
(11)	Parthenope	0.0980302	4	36	54	317	3	51
(17)	Thetis	0.136777	5	35	39	258	29	46
(29)	Amphitrite	0.0745521	6	7	41	56	52	31
(5)	Asträa	0.1887517	5	19	23	135	42	32
(14)	Irene	0.1697575	9	5	33	178	26	58
(13)	Egeria	0.0862748	16	33	7	118	17	17
(32)	Pomona	0.0956894	5	39	3	195	46	48
(21)	Lutetia	0.115154	3	5	6	3	46	42
(23)	Thalia	0.2359373	10	13	59	123	11	57
(15)	Eunomia	0.1893392	11	43	50	27	13	24
(26)	Proserpina	0.0859536	3	35	45	235	24	56
(3)	Juno	0.2560780	13	3	17	54	18	55
(1)	Ceres	0.0763660	10	37	12	148	2	54
(2)	Pallas	0.2394280	34	37	20	121	24	11
(28)	Bellona	0.1628830	9	25	7	119	38	49
(22)	Calliope	0.1036126	13	44	49	58	49	24
(16)	Psyche	0.1357483	3	4	1	12	30	57
(10)	Hygiea	0.1009159	3	47	11	228	2	29
(25)	Themis	0.1227335	0	49	24	137	43	57
(31)	Euphrosine	0.2294184	26	53	26	95	13	28

Namen der Planeten.		Lage des aufsteigenden Knotens.			Mittlere Länge in der Epoche.			Epoche in mittlerer pariser Zeit.		
(8)	Flora	110°	20′	53″	174°	46′	5″	24.0	März	1852
(18)	Melpomene	150	0	56	351	42	22	0.0	Januar	1853
(12)	Victoria	235	29	31	7	42	5	0.0	Januar	1851
(27)	Euterpe	93	42	4	74	53	3	0.0	Januar	1854
(30)	Urania	307	58	19	324	56	38	22.0	Juli	1854

Namen der Planeten.		Lage des aufsteigenden Knotens.			Mittlere Länge der Epoche.			Epoche in mittlerer pariser Zeit.		
(4)	Vesta	105	23	14	35	59	53	3.0	Novbr.	1852
(33)	Polyhymnia	1	12	21	32	52	28	0.0	Novbr.	1854
(7)	Iris	259	44	5	85	45	6	8.0	Juni	1852
(9)	Metis	68	28	58	255	13	26	4.0	Juni	1852
(24)	Phocea	214	6	7	259	43	25	12.0	Juni	1853
(20)	Massalia	206	53	29	44	54	6	1.0	Januar	1853
(6)	Hebe	138	31	55	47	26	23	13.0	Juli	1852
(19)	Fortuna	211	0	9	355	4	21	23.5	Septbr.	1852
(11)	Parthenope	124	59	54	86	3	24	13.0	Juli	1852
(17)	Thetis	125	13	31	9	58	31	0.0	Januar	1853
(29)	Amphitrite	356	23	55	180	43	32	0.0	März	1854
(5)	Asträa	141	27	48	197	37	33	29.5	April	1851
(14)	Irene	86	51	33	323	47	51	13.0	Juli	1852
(13)	Egeria	43	17	40	162	29	20	15.0	März	1852
(32)	Pomona	220	44	12	42	22	41	0.0	Novbr.	1854
(21)	Lutetia	80	21	36	49	22	56	1.0	Januar	1853
(23)	Thalia	67	55	4	89	5	29	0.0	Januar	1853
(15)	Eunomia	293	53	19	47	43	44	13.0	October	1852
(26)	Proserpina	45	55	39	224	41	33	0.0	Juni	1853
(3)	Juno	170	56	28	22	25	8	24.0	Septbr.	1852
(1)	Ceres	80	49	50	145	10	55	2.0	Juli	1852
(2)	Pallas	172	45	14	123	49	27	2.0	Juli	1852
(28)	Bellona	144	51	18	157	52	18	0.0	März	1854
(22)	Calliope	66	36	51	18	17	22	0.0	Januar	1853
(16)	Psyche	150	32	26	313	3	44	14.0	Juli	1854
(10)	Hygiea	287	38	27	356	45	31	28.5	Septbr.	1851
(25)	Themis	35	44	46	172	27	58	5.0	Mai	1853
(31)	Euphrosine	31	11	43	34	13	51	1.0	Septbr.	1854

Die Secularänderungen in den wichtigsten Elementen der Bahnen der alten Planeten sind nach Delambre folgende:

Namen der Planeten.	Secularänderung der Excentricität.	Seculare siderische Bewegung des Periheliums.	Seculare siderische Bewegung des Knotens.	Seculare Aenderung der Neigung.
☿ Merkur	+ 0.000003867	+ 643″.56	— 782″.27	+ 18″.1828
♀ Venus	— 0.000062711	— 267.60	— 1869.80	— 4.5522
♁ Erde	+ 0.000041632	+ 1177.81	"	"
♂ Mars	+ 0.000090176	+ 1582.43	— 2328.44	— 0.1523
♃ Jupiter	+ 0.000159350	+ 663.86	— 1577.57	— 22.6087
♄ Saturn	— 0.000312402	+ 1943.07	— 2266.46	— 15.5131
♅ Uranus	— 0.000025072	+ 238.62	— 3597.96	+ 3.1331

Wenn wir uns später mit der allgemeinen Anziehung beschäftigen, werde ich die Ursachen dieser Aenderungen auseinandersetzen. Hier will ich nur anführen, daß die schöne Aufgabe über die Stabilität des Planetensystems von Laplace auf die glücklichste Weise und mit bewunderswürdigem Scharfsinne gelöst worden ist. Laplace hat gezeigt, daß die Bahnellipsen der Planeten fortwährend veränderlich sind; daß die Endpunkte ihrer großen Axen den Himmel durchlaufen; daß unabhängig von einer oscillatorischen Bewegung die Ebenen der Bahnen eine Verrückung erfahren, infolge deren die Knoten, d. h. die Durchschnitte der Planetenbahnen mit der Ebene der Erdbahn jedes Jahr nach andern Sternen gerichtet sind. Aber mitten in dieser scheinbaren Verwirrung gibt es eine Größe, welche constant bleibt oder nur kleinen periodischen Schwankungen unterworfen ist, nämlich die Länge der großen Axe jeder Bahn, und folglich auch die Umlaufszeit jedes Planeten. Die allgemeine Schwere genügt zur Erhaltung des Sonnensystems; sie erhält die Formen und Neigungen der Planetenbahnen in einem mittleren Zustande, um welchen nur geringe Aenderungen eintreten; diese Veränderlichkeit hat keine Unordnung zur Folge.

Anmerkungen der deutschen Ausgabe.

Zum sechzehnten Buch.

1. S. 185. Dem dritten Bande des Kosmos entlehnt, S. 421.

2. S. 198. Mit dem Ausdruck Quadratur verbindet man gewöhnlich einen

andern Begriff, nämlich den Fall wo der Planet, von der Erde aus gesehn, 90° von der Sonne entfernt steht, also der Winkel am Erdorte ein Rechter ist.

3. S. 201. Die Angaben der Elemente für die einzelnen Planeten des Sonnensystems sind hier, so wie im 11. Kap. dieses Buchs, unverändert nach der franz. Ausgabe wiederholt worden. Zwar hätten sich für die neuentdeckten Asteroiden in den meisten Fällen spätere Ergebnisse der Berechnungen anführen lassen, indessen hat man es vorgezogen, keine Aenderungen zu machen, da auch diese späteren Angaben durch nachfolgende genauere noch immer verdrängt werden.

4. S. 210. Cassini in seiner Abhandlung Du mouvement apparent des Planetes à l'égard de la Terre. Die Striche, welche die Spiralen in den Figuren theilen, bezeichnen die Stellungen der Planeten für den ersten Tag jeden Monats, und die Figuren geben für die genannten Zeiten unmittelbar nicht nur die geocentrischen Längen, sondern auch die Abstände von der Erde.

5. S. 218. Ausführliche Untersuchungen über die vorkopernikanische Zeit, besonders über das Verhältniß des Kopernikus zu den Pythagoreern, gibt Apelt im 1. Bde. seiner Epochen der Geschichte der Menschheit,; vergl. über diesen Abschnitt auch vorzüglich Kosmos 2. Bd. S. 502 u. f.

6. S. 223. Im Systema Cosmicum, Leidner Ausg. von 1699, im dritten Dialoge, S. 380, 381, trägt Salviati diesen ungemein sinnreichen Versuch vor, „der hinreicht, jede Schwierigkeit zu beseitigen." — Ueber Bouguer's Experiment handelt seine Preisschrift Sur l'Inclinaison des orbites des Planètes, im 2. Bde. der von der pariser Akademie gekrönten Abhandlungen. S. auch seine Entretiens sur la cause de l'inclinaison des orbites des Planètes, Paris 1734.

7. S. 225. Ausführlicher handelt hiervon die Biographie des Kopernikus im III. Bde. dieser Gesammtausgabe.

8. S. 225. Die vollständige Darstellung des tychonischen oder des altegyptischen Weltsystems gibt der Urheber selbst in der Schrift De mundi aetherei recentioribus phaenomenis liber secundus 000, Uraniburgi 1588. Außer Lalande und Delambre, sowie Humboldt im 2. Bde. des Kosmos, vergl. auch Tycho's Biographie im 3. Bd. der Arago'schen Werke.

9. S. 226. Auch an dieser Stelle ist wegen weiterer Erläuterungen auf die Lebensbeschreibung Keppler's, Bd. 3, zu verweisen.

Siebzehntes Buch.

Die Kometen.

Erstes Kapitel.

Vorwort.

Beim Lesen dieses von den Kometen handelnden Buches wird man vielleicht finden, daß seine Länge außer Verhältniß steht zu dem Zwecke, den sich ein allgemeines Lehrbuch der Astronomie stellen muß; ich will also den Grund angeben, der mich veranlaßt hat, diesen Gegenstand mit solcher Ausführlichkeit zu behandeln.

Ich gebe gern zu, daß die Kometen gegenwärtig kaum noch Schrecken erregen; aber wenngleich die Wissenschaft gewiß berechtigt ist, sich über dies Ergebniß zu freuen, so bleibt dennoch in anderer Beziehung noch Mancherlei zu thun. Um zu verhindern, daß nicht unberufene Schriftsteller, bei dem plötzlichen Erscheinen eines dieser geheimnißvollen Himmelskörper, dem Publikum Vorhersagungen, Erzählungen und Anschuldigungen darbieten, — die gleich lächerlich sind durch die Unkenntniß, die sie bei ihrem Urheber verrathen, und die unglaubliche Bestimmtheit, mit welcher sie vorgetragen werden — wird es am Besten sein, richtigen und klaren Vorstellungen Verbreitung zu verschaffen. Mein Zweck ist es in diesem Buche, die Kometenastronomie für Jedermann zugänglich zu machen. Auf diese Weise soll ein Jeder, der den Willen dazu hat, in Stand gesetzt werden, den unermeßlichen Fortschritt zu würdigen, welchen dieselbe seit anderthalb Jahrhunderten gemacht hat, und es wird einem Jeden einleuchten, daß die Lücken, welche dieser Theil der Astronomie noch zeigt, nicht den

heutigen Astronomen, wohl aber den Beobachtern im Alterthume zur Last fallen. Jedenfalls wird man fernerhin gewisse technische Ausdrücke, welche bestimmte Punkte in den Bahnen der Kometen bezeichnen, nicht irrigerweise auf Punkte am Himmel beziehen dürfen, welche sich durch besondere physische Kennzeichen merklich machen. So wird man z. B. in Zukunft den Knoten nicht mehr, wie gewisse Schriftsteller, auf die ich oben hindeutete, es gethan haben, für eine Gegend halten können, aus welcher sich der Komet nur schwer herauswindet. Ebenso wird es klar werden, was von dem angeblichen Einflusse der Kometen auf irdische Erscheinungen zu halten sei. Mit einem Worte, wenn wir die Bilanz der Wissenschaft ziehen werden (man gestatte mir diesen kaufmännischen Ausdruck), wird man zugeben müssen, daß wenngleich die Passiva noch bedeutend sind, die Activa dennoch recht befriedigende Ergebnisse darbieten. Meine aufmerksamen Leser, insbesondere die jungen Astronomen werden erfahren, auf welche Punkte hin sie ihre Bemühungen zu richten haben; diese letztere Betrachtung war im Stande alle meine Bedenken niederzuschlagen.

Zweites Kapitel.

Definitionen.

Komet bedeutet nach der Ethymologie dieses Wortes*) einen Haarstern.

Den mehr oder weniger glänzenden Punkt, der sich gewöhnlich mitten im Kometen zeigt, nennt man den Kern. Den nebligen, verwaschenen Theil nennt man die Dunst- oder Nebelhülle; sie umgibt den Kern von allen Seiten wie ein glänzender Heiligenschein.

Knoten und Nebelhülle zusammen bilden den Kopf des Kometen.

Unter Schweif eines Kometen versteht man gegenwärtig die hellen Lichtstreifen von größerer oder kleinerer Erstreckung, welche die

*) Vom Griechischen κομήτης.

meisten dieser Himmelskörper begleiten; es ist dabei gleichgültig, welche Lage gegen die Bahnen der Kometen diese Streifen einnehmen.

In älteren Zeiten nannte man diese Lichtstreifen nur dann Schweife, wenn sie östlich vom Kometen standen; sie mußten nämlich bei der täglichen Umdrehung dem Kometen nachfolgen. Einen Streifen dagegen, der westlich vom Kerne lag, und folglich bei der allgemeinen Umdrehung des Himmelsgewölbes dem Kometen voranging, nannte man den Bart. Heutzutage wird diese Unterscheidung in keiner astronomischen Schrift ferner aufrecht erhalten [1]).

Im Verlaufe dieses Buches sollen die Ergebnisse mitgetheilt werden, zu denen sorgfältige Beobachtungen hinsichtlich der physischen Constitution des Kernes der Kometen, ihrer Nebelhülle und ihres Schweifes geführt haben.

Die Alten bezeichneten mit dem Namen Kometen jeden Haarstern, der seinen Ort verändernd, nach und nach verschiedene Sternbilder durchlief; in der heutigen Astronomie würde man dagegen, der Etymologie des Wortes zuwider, auch ein Gestirn, das möglicherweise weder Schweif noch Dunsthülle besitzt, einen Kometen nennen. Bei den jetzigen Astronomen gelten nämlich folgende Kennzeichen eines Kometen: er muß 1) eine eigene Bewegung besitzen; 2) eine sehr langgestreckte Bahn durchlaufen, d. h. in gewissen Gegenden seiner Bahn sich so weit von der Erde entfernen, daß er alsdann unsichtbar ist.

Durch die eigene Fortbewegung unterscheiden sich die Kometen von jenen neuen Sternen, deren Erscheinen die Geschichte der Astronomie berichtet, und die, nachdem sie plötzlich in gewissen Sternbildern entstanden sind, ohne die geringste Ortsveränderung gezeigt zu haben, wieder verlöschen (vergl. das 9. Buch, 27. Kap., 11. Bd., S. 353). Auch die äußerste langgestreckte Gestalt ihrer Bahnen bildet ein weiteres, ganz bestimmtes Unterscheidungszeichen zwischen ihnen und den Planeten. So glaubte man auch, als Herschel die Fortbewegung des Uranus aufgefunden hatte, das neue Gestirn wäre ein Komet, obgleich es weder Schweif noch Nebelhülle zeigte. Denn um zu erklären, aus welchem Grunde dasselbe bisher von Niemand beachtet worden war, lag die Voraussetzung nahe, der Stern sei früher, seiner großen Entfernung wegen, unsichtbar gewesen. Erst nachdem eine genaue Unter-

suchung seiner Bewegung herausgestellt hatte, daß er eine nahe kreisförmige Bahn um die Sonne beschrieb, und daß er, ohne die Tageshelligkeit, zu jeder Jahreszeit gleich gut sichtbar sein würde, reihte man das neue Gestirn unter die Planeten.

Drittes Kapitel.

Beschaffenheit und Elemente der Kometenbahnen.

Die Kometen sind wirkliche Gestirne, nicht aber, wie viele unter den alten Philosophen annahmen, bloße in unserer Atmosphäre erzeugte Meteore. Um sich hiervon zu überzeugen, ist es hinreichend, daß man entweder Beobachtungen unter einander vergleicht, welche gleichzeitig an weit von einander entfernten Orten der Erde angestellt sind, oder daß man untersucht, ob die Planeten, gleichwie die Sonne, die Planeten und Firsterne, an der täglichen allgemeinen Umdrehung des Himmels Antheil nahmen; mit andern Worten, man muß darauf achten, ob die Winkeldistanz eines Planeten von einem Firsterne sich zwischen Aufgang und Untergang merklich verändert, wobei man jedoch auf die Wirkung Rücksicht zu nehmen hat, welche die eigene Fortbewegung dieses Kometen auf diese Winkeldistanz möglicherweise ausübt.

Diese erste Entdeckung verdankt man Tycho de Brahe; seitdem hat man erkannt, daß die Kometen nach regelmäßigen Gesetzen um die Sonne laufen, daß sie sich nach Art der Planeten bewegen, daß jedoch ihre Bahnen sehr langgestreckte Ellipsen sind.

In der elliptischen Bahn jedes Kometen nimmt die Sonne jedesmal einen der Brennpunkte ein.

Derjenige Scheitel der Ellipse, welcher der Sonne am nächsten liegt, heißt das P e r i h e l oder die Sonnennähe, den andern nennt man das A p h e l oder die Sonnenferne.

Unter P e r i h e l d i s t a n z versteht man den kleinsten Abstand des Brennpunktes (die Brennweite) von der Kometenbahn; oder mit andern Worten, es ist diejenige Entfernung von der Sonne, in welcher sich der Komet in dem Augenblicke seines Durchganges durch den Scheitel

der Ellipse befindet. Dies ist zugleich die kleinstmöglichste unter allen Entfernungen von der Sonne, in welcher sich der Komet überhaupt befinden kann.

Von der Erde aus nimmt man die Kometen meist nur dann wahr, wenn sie sich in der Nähe ihres Perihels befinden; doch habe ich schon früher darauf hingewiesen (1. Buch, 9. Kap., 11. Bd., S. 33), daß eine sehr langgestreckte Ellipse und eine Parabel mit demselben Brennpunkte und demselben Scheitelpunkte erst in großer Entfernung von ihrem gemeinschaftlichen Scheitel merklich auseinander zu gehen beginnen. Um also die verschiedenen Stellungen anzugeben, welche ein Komet während der kurzen Dauer seiner Sichtbarkeit einnimmt, darf man sich also im Allgemeinen auch unbedenklich gestatten, die Parabel an Stelle der Ellipse zu setzen. Wird man indessen in einzelnen Fällen gewahr, daß die Vertauschung beider Curven nicht gestattet ist, so läßt sich daraus nur folgern, daß die elliptische Kometenbahn ausnahmsweise nicht sehr langgestreckt ist.

Durch eine ziemlich einfache Rechnung, von der ich aber hier unmöglich eine genaue Vorstellung geben kann, läßt sich erweisen, daß drei von der Erde aus angestellte Beobachtungen eines Kometen zur Bestimmung seiner parabolischen Bahn ausreichen. Die Elemente, welche diese Bestimmung in sich schließt, will ich jetzt einzeln aufzählen.

Zuerst bemerke ich, daß als Grundebene diejenige gilt, in welcher sich die Erde bewegt, nämlich die Ebene, welche man Ekliptik nennt.

Nehmen wir an, man habe in dieser Ebene die als kreisförmig angenommene krumme Linie, welche die Erde alljährlich um die Sonne zu beschreiben scheint, in 360 Grade getheilt. Die Lage des Anfangspunktes dieser Theilung, des Nullpunktes, wird mittelst gewisser Erscheinungen am Himmel bestimmt, von denen an einer andern Stelle die Rede gewesen ist (7. Buch, 4. Kap., 11. Bd., S. 224).

Jeden von diesem Nullpunkte aus gerechneten Bogen nennt man eine Länge.

Die Bahnebene eines Kometen, diejenige Ebene nämlich, in welcher die Ellipse und die sie berührende Parabel enthalten sind, geht durch die Sonne, und schneidet deswegen die Ekliptik in einer geraden

Linie, von der wir einen Punkt bereits kennen, nämlich den Mittelpunkt der Sonne. Damit diese Linie bestimmt sei, ist noch ein anderer Punkt nöthig, und man ist allgemein übereingekommen, zu diesem zweiten Punkte einen von den beiden Theilpunkten des in Grade getheilten Kreises der Ekliptik zu wählen, auf welche die gerade Linie hintrifft.

Diese Durchschnittspunkte nennt man Knoten; beide Knoten liegen um einen Halbkreis, d. h. um 180 Grade auseinander. Derjenige Knoten, welchen der Komet passirt, während er von der Südseite der Ekliptik auf die Nordseite übergeht, nennt man den aufsteigenden Knoten; dieser Knoten ist es, dessen Lage durchgängig angegeben wird.

So liegt hiernach der Knoten eines Kometen in 10°, in 20° oder in 30°, je nachdem die Bahnebene die Ekliptik in einer Linie schneidet, die von der Sonne aus nach den Gradpunkten der Theilung 10, 20 oder 30 gerichtet ist. Die Lage des Knotens ist eines der Elemente, welche die Rechnung ergibt. Dies ist zwar ein nothwendiges Element, aber für sich allein bestimmt es nicht die Lage der Bahnebene, man muß außerdem noch den Winkel kennen, welchen diese Ebene mit der Ekliptik macht, weil man durch eine und dieselbe Linie unendlich viele verschiedene Ebenen legen kann.

Dies neue Element heißt die Neigung.

In der nun vollständig bestimmten Bahnebene kann die große Axe der Ellipse, oder was dasselbe ist, kann die Axe der Parabel entweder senkrecht auf der Knotenlinie stehen, oder Winkel von 10, 20, 40 ... Graden mit ihr bilden.

Jede Unsicherheit in dieser Beziehung verschwindet, sobald man angibt, nach welchem Punkte der in Grade getheilten Ekliptik der Endpunkt der großen Axe, nämlich das Perihel gerichtet ist.

Aus diesem Grunde muß unter den Elementen oder Bestimmungsstücken eines Kometen nothwendig die Länge des Perihels enthalten sein.

Haben zwei Parabeln, deren gemeinschaftlicher Brennpunkt der Sonnenmittelpunkt ist, überdies dieselbe Axe, so können sie untereinander nur insofern verschieden sein, als die Entfernung dieses Brennpunktes vom Scheitel der Curve, d. h. die Periheldistanz oder der Abstand in der Sonnennähe in beiden Bahnen verschieden ist.

Die Kenntniß der Periheldistanz, ausgedrückt in den Theilen einer beliebig zu wählenden Einheit, wird also ebenso nothwendig bekannt sein müssen, als die andern, soeben besprochenen Elemente. Als Einheit ist man allgemein übereingekommen, die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne gelten zu lassen.

Endlich noch kann eine Ellipse oder eine Parabel in zwei verschiedenen Richtungen durchlaufen werden, und deßhalb muß der Beobachter auch angeben, ob die Bewegung eines Kometen, wenn man sie auf die Ekliptik bezieht, von West nach Ost, oder in umgekehrter Richtung stattfindet. Weil der Mond, die Planeten und deren Monde im Raume von West nach Ost fortschreiten, sind die Astronomen übereingekommen, alle in dieser Richtung vor sich gehende Bewegungen rechtläufige zu nennen; die von Ost nach West gerichteten Bewegungen dagegen werden als retrograde oder rückläufige bezeichnet. Um also mit einem einzigen Worte die Richtung der Bewegung des Kometen in seiner Bahn anzugeben, genügt es zu sagen, ob er rechtläufig oder rückläufig sei.

Die parabolischen Elemente eines Kometen sind hiernach also die folgenden:

1) Die Neigung.
2) Die Länge des aufsteigenden Knotens; diese beiden ersten Elemente haben zum Zweck, die Lage der Bahnebene festzusetzen.
3) Die Länge des Perihels, welche die Richtung der großen Axe der Bahn bestimmt, d. h. die Lage dieser krummen Linie in ihrer eigenen Ebene.
4) Den Sonnenabstand im Perihel, welcher die Gestalt der Parabel kennen lehrt, insofern ihr Brennpunkt nothwendig mit dem Sonnenmittelpunkte zusammenfällt.
5) Endlich die Richtung der Bewegung, welche durch eines der beiden Wörter rechtläufig oder rückläufig angegeben wird.

Als sechstes parabolisches Element muß man zu den vorstehenden noch den Augenblick des Durchganges des Kometen durch seine Sonnennähe hinzufügen, wodurch noch ungefähr die Zeit bekannt wird, in welcher der Komet von der Erde aus sichtbar gewesen.

Findet man durch Rechnung, daß die beobachteten Oerter eines

Kometen an Stelle einer Parabel auf eine Ellipse führen können, so sind in diesem Falle die Elemente, welche die Kometenbahn bestimmen, dieselben, welche wir für die Planeten bereits genannt haben (16. Buch, 11. Kap., S. 228); nur muß man noch die Richtung der Bewegung hinzufügen. Die Zeit des Durchganges durch die Sonnennähe kann alsdann die Länge des Gestirns in einem bestimmten Zeitmomente ersetzen.

Im ersten Augenblicke könnte es vielleicht befremden, daß man bei Angabe der Elemente eines Kometen nicht hinzusetzt, ob der die Neigung der Bahnebene ausdrückende Winkel nördlich oder südlich von der Ekliptik liege; aber es läßt sich leicht einsehen, daß dieser Zusatz überflüssig wäre, wenigstens sobald man übereingekommen ist, daß der Knoten, dessen Lage man bestimmt, der aufsteigende ist, und dabei zugleich angegeben wird, ob das Gestirn eine rechtläufige oder rückläufige Bewegung besitzt. Ziehn wir zu dem Zwecke in der Ebene der Erdbahn eine durch die Sonne gehende Linie, welche beispielsweise nach

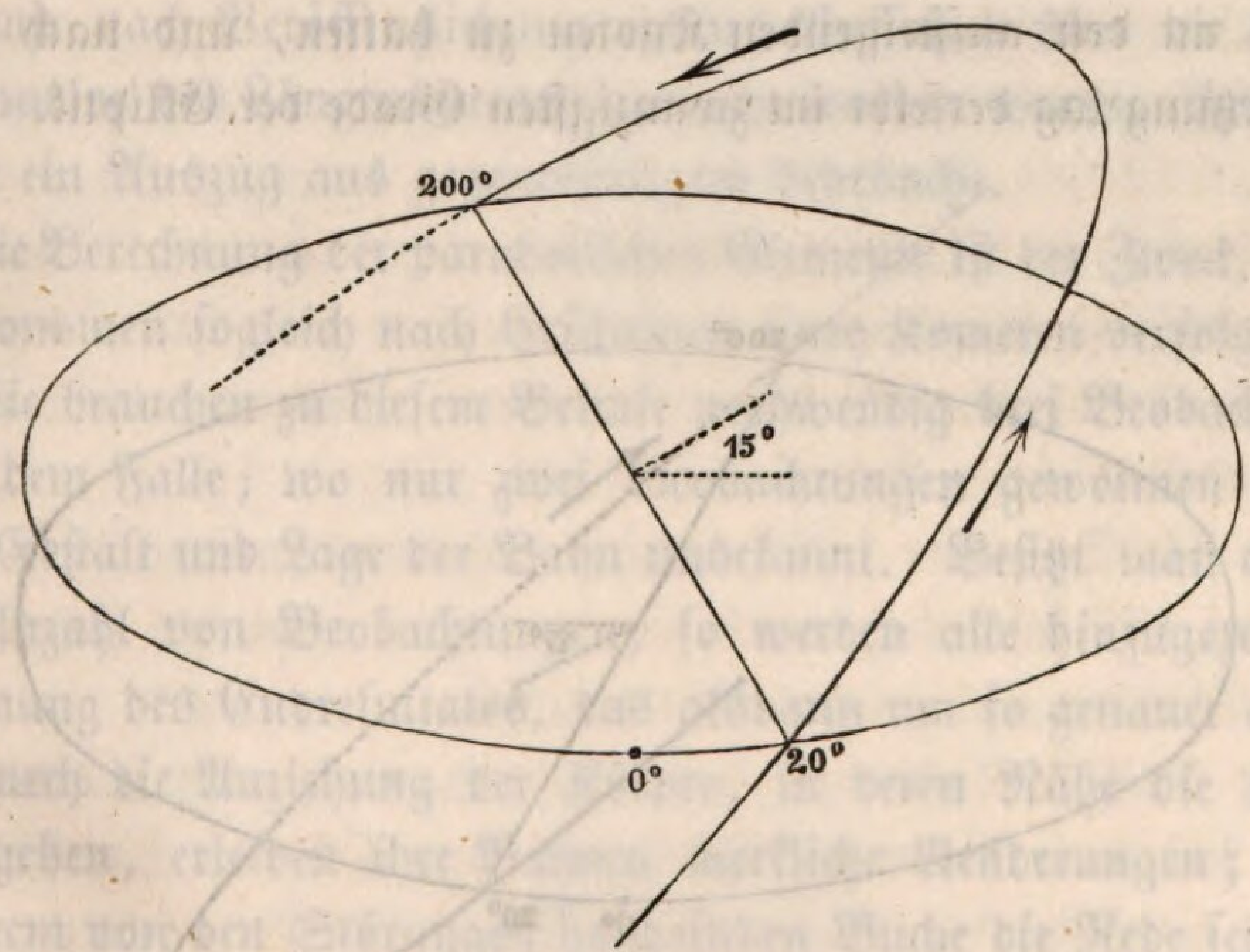


Fig. 185. — Kometenbahn, deren aufsteigender Knoten 20 Grad Länge hat.

20° und nach 200° des getheilten Kreises der Ekliptik gerichtet ist, und legen wir durch diese Linie eine Ebene, von der ich annehmen will, sie bilde mit der Ebene der Ekliptik nach Norden hin einen Winkel von

15° (Fig. 185, S. 241). In dieser Ebene endlich — dies sei die letzte Voraussetzung — mag die Bahn eines rechtläufigen Kometen liegen, so wird der zwanzigste Grad der Ekliptik den aufsteigenden Knoten bezeichnen, d. h. denjenigen Punkt, in welchen das Gestirn zu der Zeit gelangt, wo es von der Südseite zur Nordseite übergeht.

Angenommen nun, die Bahnebene liege, ohne daß außerdem die geringste Aenderung eintrete, also sowohl die Knotenlinie unverrückt, als der Komet rechtläufig bleibt, — auf der entgegengesetzten Seite des Himmels, dergestalt daß sie mit der Ebene der Ekliptik, aber nach Süden hin einen Winkel von 15 Grad bildet (Fig. 186). Wird nun der in dieser neuen Bahn sich bewegende Komet, den von uns gemachten Annahmen zufolge, nicht dieselben Elemente haben, wie der vorige, obgleich er wesentlich andere Sternbilder durchläuft? Ich erwidere darauf, daß die Lage des Perihels, ferner die Zeit des Durchganges durch diesen Punkt, die Periheldistanz, Neigung der Bahn und Richtung der Bewegung in der That durchaus dieselben sind; aber der Knoten hat sich um 180° geändert. Wir waren nämlich übereingekommen, uns stets an den aufsteigenden Knoten zu halten, und nach unserer Voraussetzung lag derselbe im zwanzigsten Grade der Ekliptik. Indem

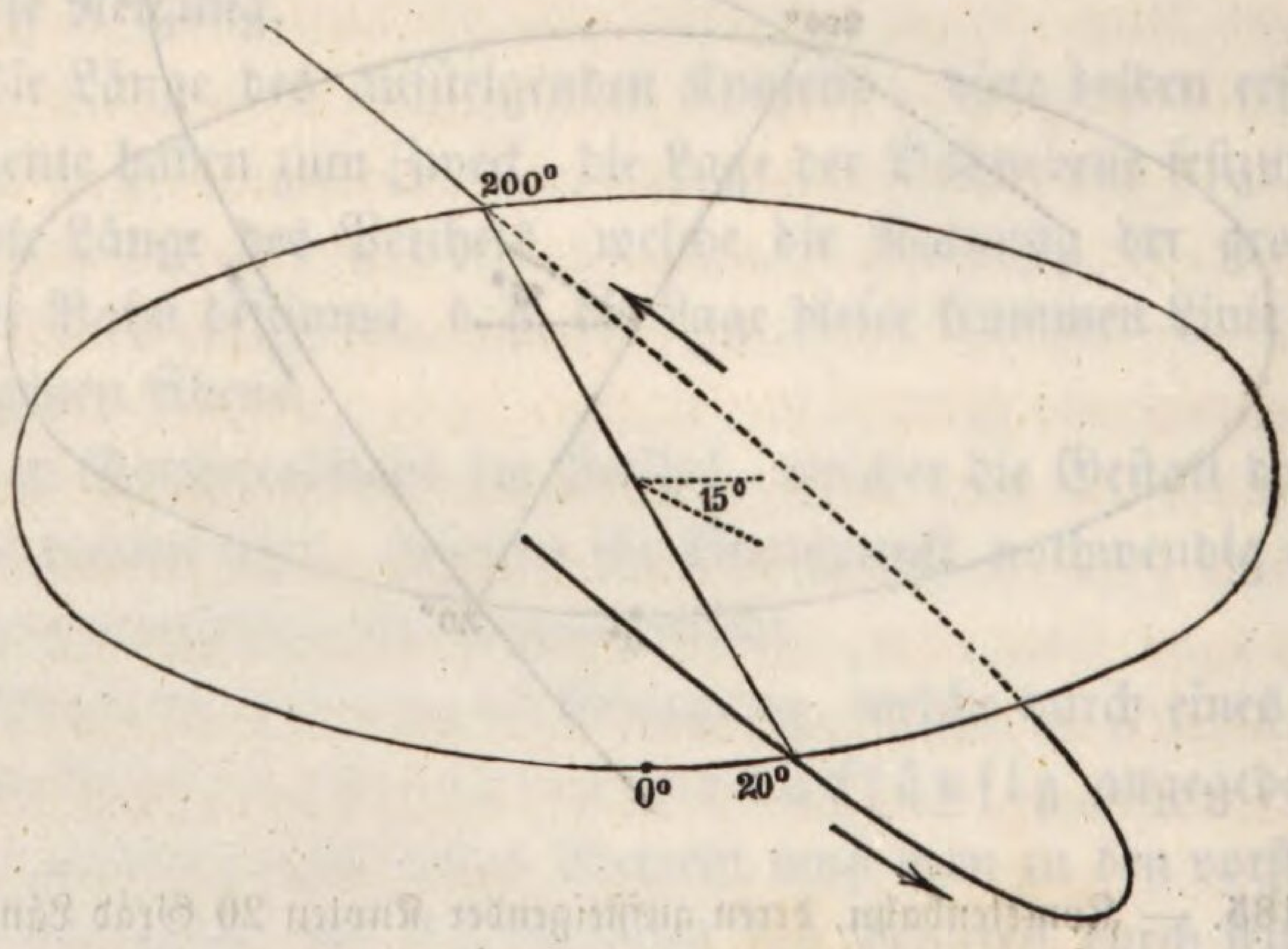


Fig. 186. — Kometenbahn, deren aufsteigender Knoten 200 Grad Länge hat.

der Komet bei diesem Punkte in seiner rückläufigen, d. h. bezogen auf die Ekliptik in seiner von West nach Ost gerichteten Bewegung an-

langte, erhob er sich also, von Süden kommend, in den nach Norden belegenen Theil seiner Bahn; aber dieser nämliche Theil seiner Bahn wird im Gegentheile südlich von der Ekliptik liegen, sobald man eine Drehung der Ebene nach Süden eintreten läßt. Indem nun also der Komet, seiner eigenen Bewegung zufolge, diesen Theil seiner Bahn durchläuft, wird er von Nord nach Süd fortschreiten, während er vorhin sich von Süd nach Nord bewegte. Aus diesem Grunde wird der zwanzigste Grad nicht länger der aufsteigende Knoten sein, sondern dieser befindet sich in dem gegenüberliegenden Punkte oder in 200° Länge, und diese letztere Angabe wird in den Elementen an Stelle der vorher dort befindlichen Zahl 20° treten müssen.

Zusammengehalten mit der Richtung der Bewegung des Kometen, bestimmt also, wie man sieht, der Knoten auf unzweideutige Weise, ob die Neigung der Bahnebene auf der nördlichen oder auf der südlichen Seite der Ekliptik zu nehmen sei. Man könnte dies ebenso gut mit bestimmten Worten ausdrücken; aber es wäre nutzlos, und diesen Umstand mußte ich hier beweisen, um einige Bemerkungen zu widerlegen, welche mir nach Veröffentlichung meines Aufsatzes über die Kometen (im Annuaire des Längenbureau) gemacht worden waren. Jener Aufsatz war ein Auszug aus gegenwärtigem Lehrbuche.

Die Berechnung der parabolischen Elemente ist der Zweck, welchen die Astronomen sogleich nach Erscheinen eines Kometen verfolgen müssen. Sie brauchen zu diesem Behufe nothwendig drei Beobachtungen, und in dem Falle; wo nur zwei Beobachtungen gewonnen wurden, bleiben Gestalt und Lage der Bahn unbekannt. Besitzt man aber eine große Anzahl von Beobachtungen, so werden alle hinzugezogen zur Bestimmung des Endresultates, das alsdann um so genauer ausfällt.

Durch die Anziehung der Körper, in deren Nähe die Kometen vorübergehen, erleiden ihre Bahnen merkliche Aenderungen; hiervon soll in dem von den Störungen handelnden Buche die Rede sein.

Viertes Kapitel.

Ueber die Mittel, durch welche man beim Erscheinen eines Kometen erkennt, ob er zum ersten Male sichtbar wird, oder ob er bereits früher beobachtet wurde.

Wenn man weiß (wie später nachgewiesen werden soll, wenn von einigen Kometen insbesondere gehandelt werden wird), in welchem Grade sich Gestalt und Schweif eines Kometen, Gestalt seiner Dunsthülle und des Kernes, und endlich die Lichtstärke seiner einzelnen Theile mitunter innerhalb drei oder vier Tagen ändern, so läßt sich kaum erwarten, es werde möglich sein, bei zwei verschiedenen und durch viele Jahre voneinander getrennten Erscheinungen eines solchen Gestirnes, an der physischen Beschaffenheit, an Größe und Glanz dasselbe wiederzuerkennen. Deßhalb stützen sich auch die Astronomen nicht auf dergleichen Kennzeichen; sie lassen das Signalement (wenn dieser Ausdruck gestattet ist) bei Seite, und richten ihre Aufmerksamkeit vielmehr auf die vom Kometen durchlaufene Bahn.

Sobald ein Komet drei Mal genau beobachtet worden ist, werden seine parabolischen Elemente berechnet, und darauf prüft man sorgfältig, ob etwa in dem Verzeichnisse, in welches man die Elemente von jeher regelmäßig eingetragen hat, und welches man das Kometenverzeichniß nennt, sich bereits Elemente befinden, welche mit den jetzt gefundenen einige Aehnlichkeit haben.

Am 31. December 1831 enthielt das Kometenverzeichniß die Elemente von 137 solcher Himmelskörper, wenn man die sicher ausgemachten Wiedererscheinungen nicht mitzählt.

Die ältesten Kometen, deren Bahnen man noch hat bestimmen können, sind nach Daten berechnet, die sämmtlich von chinesischen Beobachtern herrühren[2]). Während die chinesischen Beobachter z. B. anhaltend und zu wissenschaftlichen Zwecken den Lauf des Kometen von 837 (Nr. 10 des im 10. Kap. mitgetheilten Verzeichnisses) verfolgten, erkannten die europäischen Völker in jenem Kometen nur ein Zeichen göttlichen Zornes, dem Ludwig der Fromme, nachdem er alle Astrologen in seinem Reiche befragt hatte, nur durch Gründung von Klöstern zu

entgehn hoffte. Dieser Komet übrigens gehört zu denen, welche der Erde am Nächsten kommen können; nach Duséjour's Rechnungen war er nämlich etwa vierundzwanzig Stunden lang weniger als fünfhunderttausend Meilen von der Erdbahn entfernt.

Der Komet vom Jahre 1456, der Halley'sche nämlich in einer seiner früheren Erscheinungen, ist der älteste, dessen Lauf nach ausschließlich europäischen Beobachtungen berechnet werden konnte.

Mit viel größerer Aufmerksamkeit, als es die alten Astronomen gethan haben, beschäftigt man sich heutzutage mit den Erscheinungen, welche die Kometen darbieten. Ich will als Beweis dafür nur die Zahl derjenigen Kometen anführen, deren Bahnen am Schlusse des Jahres 1853 genau berechnet waren; ihre Zahl betrug damals 201, die ausgemachten Wiedererscheinungen abgerechnet; und zwar hat sich das Verzeichniß im Laufe der letzten 22 Jahre, nämlich seit 1831, um 64 Kometen, deren Bahnen berechnet wurden, bereichert. Wenn man alle Kometen berücksichtigt, deren bloße Erscheinung entweder durch unvollkommene Beobachtungen oder gar nur durch Angaben in Chroniken feststeht, so findet man, Hind's Angabe zufolge, daß das allgemeine Kometenverzeichniß, allerdings nur ganz zweifellose Erscheinungen gerechnet, folgende Ziffern liefert [3]):

Jahrhunderte.	In Europa und China beobachtete Kometen.
I	22
II	23
III	44
IV	27
V	16
VI	25
VII	22
VIII	16
IX	42
X	26
XI	36
XII	26
XIII	26

Jahrhunderte.	In Europa und China beobachtete Kometen.
XIV	29
XV	27
XVI	31
XVII	25
XVIII	64
XIX (erste Hälfte)	80

Die Gesammtsumme ergiebt sich hieraus 607.

Erwägt man, daß die Alten von teleskopischen Kometen natürlich keine Kenntniß haben konnten, so ist man vielleicht geneigt Keppler's Ausspruch nicht für übertrieben zu halten, wenn er von den Kometen meinte, sie seien am Himmel in ebenso großer Anzahl, wie die Fische im Meere [4]).

Wie schon oben bemerkt, muß man die Tafel der bereits berechneten Kometen nachsehen, sobald man aus drei Beobachtungen die parabolischen Elemente eines neuen Kometen gefunden hat; ich theile diese Tafel späterhin mit (im 10. Kap.).

Angenommen nun, alle Elementensysteme des Verzeichnisses seien von denen des neuen Gestirnes verschieden; so darf man daraus dennoch Nichts folgern, weil durch Beobachtung und Theorie nachgewiesen ist, daß ein Komet beim nahen Vorübergange vor einem Planeten so bedeutend in seinem Laufe gestört werden kann, daß die nach dieser großen Nähe beschriebene Curve gar nicht als Fortsetzung der früher beschriebenen Bahn zu betrachten ist. Den Beweis für diesen Umstand werde ich beibringen, wenn ich später von den Störungen handele, welche die gegenseitige Anziehung der Himmelskörper auf den Lauf der Kometen durch den Himmelsraum ausübt.

Gehen wir dagegen von der Annahme aus, daß die neuen parabolischen Elemente nur sehr wenig von einem andern in der Tafel enthaltenen Elementensysteme verschieden seien, welches für einen vor längerer oder kürzerer Zeit erschienenen Kometen gilt; so läßt sich das neue Gestirn mit großer Wahrscheinlichkeit als identisch mit jenem älteren Kometen ansehen, der bei seiner Rückkehr zum Perihel wiedererscheint. Ich sage nur, mit großer Wahrscheinlichkeit, denn es ist, mathematisch zu reden, nicht durchaus unmöglich, daß sich zwei Kome-

ten im Raume in gleichen und ähnlich liegenden Laufbahnen bewegen. Wenn man indessen bedenkt, daß die Aehnlichkeit sich gleichfalls auf die Neigung der Bahnebene erstrecken muß, die von 0 bis 90° schwanken kann; ferner auf die Knotenlänge, also auf eine Zahl, die alle Werthe zwischen 0 und 360 annehmen kann; dann die Länge des Perihels, die ebenfalls auf 360 verschiedene Grade fallen darf; überdies die Richtung der Bewegung und endlich die Periheldistanz, welche bei den gegenwärtig bekannten Kometen zwischen 0,005 und 4,043 liegt (siehe Nr. 45 und 63 im Kometenverzeichnisse), die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne als Einheit genommen; wenn man, sage ich, alle diese Zahlen vor Augen hat, kann man kaum zögern, anzunehmen, daß zwei Kometen, die zu zwei verschiedenen Zeiten mit allen diesen nahezu übereinstimmenden Elementen erschienen sind, in der That nur ein und dasselbe Gestirn ausmachen. Auch hat der Erfolg bisher diese etwas gewagte Voraussetzung gerechtfertigt.

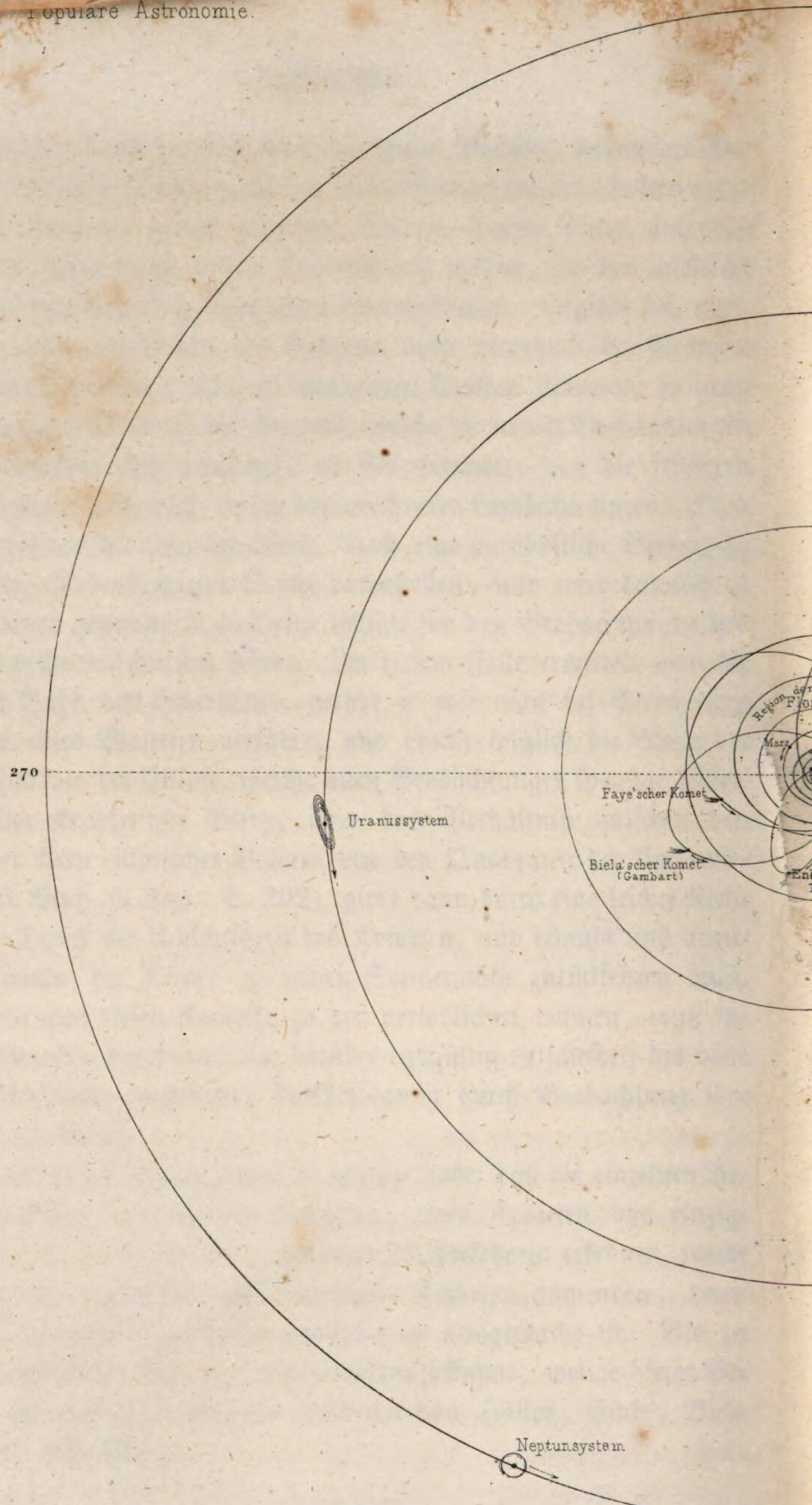
Fünftes Kapitel.

Ueber die Mittel, durch welche man erkennt, ob ein Komet, dessen Elemente sich noch nicht im Kometenverzeichnisse vorfinden, zu den periodischen Kometen gehört.

Sobald man in Besitz der parabolischen Elemente eines neuen Kometen gekommen ist, und dieselben keine Aehnlichkeit mit irgend einem Elementensysteme im Verzeichnisse der berechneten Kometenbahnen zeigen, so darf man nur dies Eine daraus folgern, daß der Komet in früherer Zeit noch nicht beobachtet worden ist. Beobachtet sage ich, nicht aber wahrgenommen; der Leser wird jetzt vollkommen einsehen, welcher Unterschied zwischen diesen beiden Ausdrücken besteht. Giebt es nun aber dennoch ein Mittel, um zu erkennen, ob der neue Komet öftere oder seltenere Wiederkünfte hat, und ob er sich von Erde und Sonne nur entfernt, um späterhin in ihre Nähe zurückzukehren? Diese Frage läßt sich jedes Mal beantworten, wenn der Komet hinreichend lange beobachtet werden kann. Man


kann nämlich, sobald die Elemente derjenigen Parabel, welche der Komet zu beschreiben scheint, nach den ersten Beobachtungen erhalten worden sind, den Lauf genau angeben, den der Komet später einhalten muß, und dann durch direkte Beobachtung prüfen, ob der wirkliche Lauf mit dem theoretisch berechneten übereinstimmt. Ergiebt sich nun, daß die neuen Positionen des Gestirns nicht innerhalb der Gränzen der Beobachtungsfehler mit den berechneten Oertern stimmen, so sucht man diejenigen Elemente der Parabel, welche die neuen Beobachtungen genau darstellen, und dabei trifft es sich mitunter, daß die früheren Beobachtungen nicht mehr in der neuberechneten Laufbahn liegen. Man erkennt alsdann die Unmöglichkeit, durch eine parabolische Bewegung gleichzeitig alle beobachteten Oerter darzustellen, und wird dadurch zu der Annahme gezwungen, daß eine Ellipse sich den Beobachtungen des Kometen besser anschließen würde. In diesem Falle ermittelt man die elliptische Bahn des Haarsterns, gerade so wie man bei Berechnung der Bahn eines Planeten verfährt, und erhält folglich die Länge der großen Halbaxe der Ellipse, welche allen Beobachtungen Genüge leistet. Das dritte Keppler'sche Gesetz, über das Verhältniß zwischen den Cuben der Axen elliptischer Bahnen und den Quadraten der Umlaufszeiten (16. Buch, 6. Kap., S. 202), giebt dann durch eine leichte Rechnung die Dauer der Umlaufszeit des Kometen, und erlaubt uns anzugeben, wann der Komet zu seiner Sonnennähe zurückkehren muß. Man kann nun diesen Kometen zu den periodischen rechnen, muß indessen abwarten, bevor man sich darüber endgültig entscheidet, bis diese auf die Rechnung gegründete Vorhersagung durch Beobachtung ihre Bestätigung findet.

Nachdem ich in Vorstehendem gezeigt habe, daß die einzelnen Bestimmungsstücke der eigenen Bewegung eines Kometen das einzige Mittel bieten, um denselben bei einstiger Wiederkehr zu erkennen, werde ich diese Grundsätze nun auf diejenigen Kometen anwenden, deren Wiedererscheinung gegenwärtig vollkommen ausgemacht ist. Bis zu diesem Augenblicke sind nur vier Kometen bekannt, welche dieser Bedingung genügen: es sind die Kometen von Halley, Encke, Biela (Gambart) und Faye.



Lith.Anst.v.J.G.Bach.Leipzig.

FIG.184 Planetensystem nach der



gegenwärtigen Kenntnissen.

Sechstes Kapitel.

Bahn des Kometen von 1759 oder des Halley'schen Kometen.

Nachdem sich im Jahre 1682 ein Komet gezeigt hatte, berechnete Halley nach der Newton'schen Methode dessen parabolische Elemente, indem er sich dabei auf die Beobachtungen stützte von Lahire, Picard, Hevel und Flamsteed. Folgendes sind die Resultate, zu denen Halley gelangte:

Neigung	Länge des Knotens	Länge des Perihels	Perihel-distanz	Richtung der Bewegung.
17° 42′	50° 48′	301° 36′	0,58	rückläufig.

Die Anwendung desselben Rechnungsverfahrens auf die Beobachtungen eines Kometen, die Keppler und Longomontan im Jahre 1607 angestellt hatten, ergab:

Neigung	Länge des Knotens	Länge des Perihels	Perihel-distanz.	Richtung der Bewegung.
17° 2′	50° 21′	302° 16′	0,58	rückläufig.

Von 1607 bis 1682 sind 75 Jahre verflossen; geht man also von 1607 aus um 74, 75 oder 76 Jahre rückwärts (ich sage um eine oder die andere Zahl von Jahren, weil die Störungen ebenso gut die Dauer der Umlaufszeit eines Gestirns ändern können, als die Lage seiner Bahn), so mußte man, wenn Halley's Vermuthung begründet war, einen dem Kometen von 1607 ähnlichen Kometen antreffen.

In der That hatte Apian im Jahre 1531, also 76 Jahre vor 1607, zu Ingolstadt einen Kometen gesehen, und dessen Lauf durch die Sternbilder eifrig verfolgt. Aus Apian's Beobachtungen leitete Halley durch Rechnung folgende Elemente ab:

Neigung	Länge des Knotens	Länge des Perihels	Perihel-distanz	Richtung der Bewegung.
17° 56′	49° 25′	301° 39′	0,57	rückläufig.

Diese Elemente sind, wie man sofort bemerkt, nur wenig von denen von 1607 und 1682 verschieden.

Seitdem hielt man die Identität dieser drei Gestirne für erwiesen, und Halley hatte den Muth vorauszusagen, daß gegen Ende des Jahres 1758 oder zu Anfange von 1759 ein neuer Komet erscheinen werde, und zwar mit parabolischen Elementen, die nur unerheblich von den oben angeführten verschieden sein könnten [5]).

Bewährte sich diese Vorhersagung, so mußte sich dadurch eine neue Aera in der Kometenastronomie eröffnen. Um auch die Ungläubigsten zu überzeugen, hielt man es für angemessen, in Betreff des Zeitpunkts der Rückkehr die Ungewißheit zu heben, in welcher Halley dieselbe mit Recht gelassen hatte, weil es zu seiner Zeit noch durchaus unmöglich war, den Betrag der Störungen genau zu ermitteln. Dies so schwierige Problem löste zuerst unser Landsmann Clairaut. Er fand, daß der Komet infolge der Verlangsamung, welche die Anziehung der Planeten auf seine Bewegung ausüben würde, zur Rückkehr in sein Perihel 618 Tage mehr brauchen müsse, als beim letzten Umlaufe; davon kommen 100 Tage auf die Einwirkung des Saturn und 518 auf die des Jupiter. Hiernach mußte der Durchgang also in die Mitte Aprils fallen; indessen machte Clairaut doch darauf aufmerksam, daß er, wegen Kürze der Zeit, kleine Glieder in seiner Rechnung vernachlässigt hatte, die zusammen im Laufe von 76 Jahren füglich 30 Tage in Mehr oder Weniger betragen könnten. Alle diese Voraussagen wurden durch den Erfolg bestätigt, denn der Komet erschien wirklich in den im Voraus bestimmten Sternbildern, und erreichte seine Sonnennähe am 12. März 1759, d. h. innerhalb der angegebenen Grenzen. Auch waren die seit der vorigen Erscheinung etwas veränderten Elemente so wie Clairaut's Rechnungen sie ergeben hatten. Diese Elemente waren im Jahre 1759 die folgenden:

Neigung	Länge des Knotens	Länge des Perihels	Perihel-distanz	Richtung der Bewegung.
17° 37′	53° 50′	303° 10′	0,58	rückläufig.

Da nun kein Zweifel ferner über die Periodicität des Kometen von 1759 möglich war, mußte der Zeitpunkt seiner Rückkehr im Jahre 1835 berechnet werden. Unser Landsmann Damoiseau, Mitglied des Längenbureau, schreckte vor dieser ungeheuren Arbeit nicht zurück. Er trieb die Rechnungen beträchtlich weiter, als sein Vorgänger, und nahm überdies Rücksicht auf die störende Einwirkung des Planeten Uranus, von dessen Vorhandensein man zu Clairaut's Zeit keine Kenntniß hatte; auch die Einwirkung der Erde wurde diesmal berücksichtigt. Seinem Endresultate zufolge mußte der Komet seine Sonnennähe am 4. November passiren. Ein anderer Astronom, Pontécoulant,

hatte seinerseits dieselben mühsamen Rechnungen angestellt, und in einer ersten Abhandlung den Periheldurchgang auf den 7. November gesetzt; nachdem er indessen die Einwirkung der Erde vollständiger berechnet und besonders für die Jupitersmasse einen genaueren Zahlenwerth eingeführt hatte, sah sich Pontécoulant veranlaßt der älteren Bestimmung sechs Tage hinzuzufügen, dergestalt daß der Durchgang durch die Sonnennähe erst am 13. November stattfinden sollte. Diese kleinen Unterschiede von wenigen Tagen, bei mehr als $76^1/_2$ Jahren, erklären sich sehr leicht, sobald man, was später gezeigt werden soll, den Einfluß kennt, welchen die Massen der störenden Planeten auf die Bewegungen der Kometen ausüben[6]).

Die parabolischen Elemente der Bahn des Halley'schen Kometen, so wie ich sie im Annuaire des Längenbureau für 1832 gegeben habe, waren für 1835 folgendermaßen berechnet:

Neigung	Länge des Knotens	Länge des Perihels	Perihel-distanz	Richtung der Bewegung.
17° 44′	55° 30′	304° 32′	0,58	rückläufig.

In dem 1834 erschienenen Annuaire des Längenbureau hatte ich überdies den Weg angegeben, den der Komet verfolgen würde: ich wiederhole hier jene Angaben, damit man sehe, wie sich auf bequeme Weise der Ort bezeichnen läßt, an welchem ein solches Gestirn später am Himmel aufzusuchen ist. Ich hatte folgende Oerter vorausbestimmt:

am 20. Aug. 1835 ... nahe bei ζ im Stier,
„ 28. „ .... zwischen den Zwillingen und dem Fuhrmanne,
„ 21. Sept. .... im Fuhrmann,
„ 3. Oct. .... im Luchs,
„ 6. „ .... im großen Bären,
„ 11. „ .... ebendaselbst,
„ 12. „ .... im Bärenhüter,
„ 13. „ .... in der Krone,
„ 15. „ .... im Herkules und im Schlangenträger,
„ 19. „ .... im Ophiuchus,
„ 31. „ .... ebendaselbst,
„ 16. Nov. .... nahe bei η im Ophiuchus,
„ 26. Dec. .... im Skorpion, nicht weit von Antares.

Wir wollen nun sehen, wie weit der Erfolg die Voraussicht der Astronomen gerechtfertigt hat.

An welchem Tage der Komet im Jahre 1835 zuerst sichtbar werden würde, hatte Niemand den Muth gehabt vorauszusagen. Denn der Zustand des Himmels, die Helligkeit der Dämmerung, die optische Kraft der Instrumente und die Gesichtsschärfe der Beobachter, endlich auch die Möglichkeit, daß der Komet auf der langen Laufbahn, die er seit 1759 hatte durchlaufen müssen, einen merklichen Theil seiner Substanz eingebüßt habe, — dies Alles waren Punkte, die man im Voraus nicht beurtheilen konnte, und welche die größte Vorsicht und Zurückhaltung erheischten. Man hatte sich aus diesem Grunde auf die Angabe beschränkt, die Aufsuchung müsse in den ersten Augusttagen beginnen.

Und in der That, am 5. August bemerkten zuerst Dumouchel und de Vico, unter dem schönen Himmel von Rom, den Halley'schen Kometen, der damals unglaublich schwach war.

Hatte man aber nicht gewagt vorauszusagen, wann der Komet zuerst sichtbar werden würde, so war andrerseits doch seine Stellung unter den Firsternen in den Ephemeriden und in verschiedenen Karten von Tag zu Tag angegeben, und wirklich hatten die römischen Astronomen den Kometen entdeckt, als sie ihr Fernrohr auf denjenigen Punkt am Himmel richteten, welchen der Komet, den Rechnungen zufolge, am 5. August einnehmen sollte.

In früheren Zeiten hätte man eine solche Uebereinstimmung für wunderbar gehalten; heutzutage aber ist man zu größeren Anforderungen berechtigt. Alle Fernröhre, auch wenn sie mit den stärksten Vergrößerungen versehen sind, umfassen am Himmel einen kreisrunden Raum, den man Gesichtsfeld nennt (3. Buch, 17. Kap., 1 Bd. d. Astr. S. 110), und der immer von einiger Ausdehnung ist. Aus der ersten römischen Beobachtung, so wie ich sie mitgetheilt habe, konnte man also nur folgern, daß der Komet bis auf eine kleine Entfernung den ihm vorgeschriebenen Weg einhielt; aber darauf haben sich die Astronomen, wie man leicht denken kann, nicht beschränkt; sie berechneten vielmehr die parabolischen Elemente aus den ersten Beobachtungen, welche man über das neue Gestirn angestellt hatte, und indem sie nun

diese Elemente mit denen von 1759 verglichen, ergab sich eine ähnliche Bestätigung, wie sie Halley früher angewandt hatte. Der Leser wird sogleich einsehen, wie wichtig dieser Umstand ist, wenn er die nachstehenden Zahlen vergleicht mit denen auf S. 251; es sind dies hier nämlich die parabolischen Elemente des Kometen im Jahre 1835, hergeleitet aus den ersten August- und Septemberbeobachtungen:

Neigung	Länge des Knotens	Länge des Perihels	Perihel-Distanz	Richtung der Bewegung.
17° 47′	55° 6′	304° 30′	0,58	rückläufig.

Im Publikum herrscht immer die Meinung, der wahre Prüfstein der astronomischen Theorieen sei die Berechnung der Wiederkehr der Kometen, d. h. es komme alles darauf an, die Zeit zu bestimmen, in der die Kometen ihre Bahnen beschreiben. Diese Zeit könnte man freilich von irgend einem Punkte dieser Curven aus rechnen, aber alle Astronomen stimmen darin überein, den Endpunkt der großen Axe der durchlaufenen Ellipse zum Ausgangspunkte zu nehmen, oder in andern Worten, den der Sonne am Nächsten belegenen Punkt der Kometenbahn. Es ist dies der Punkt, in welchem der Komet in Wirklichkeit seine größte Geschwindigkeit besitzt, und diesen Punkt bezeichnet man unter den Elementen als das Perihel. Nachdem ich dies vorausgeschickt habe, wird man es hoffentlich nicht befremdend finden, daß in den Discussionen, welche die Wiederkehr des Kometen hervorrief, des Perihels so häufig Erwähnung geschah.

Oben ist bereits bemerkt worden, daß aus den verschiedenen Rechnungen von Damoiseau und Pontécoulant der 4., der 7. und der 13. November als Tage des letzten Durchganges des Halley'schen Kometen durch seine Sonnennähe hervorgegangen waren. Die Beobachtung hat später den 16. ergeben, d. h. einen Unterschied von nur 3 Tagen gegen diejenige Rechnung, welche für die genaueste galt, und von 12 Tagen gegen die Rechnung, welche der Wahrheit am wenigsten genähert schien.

Denselben Kometen hatte man bereits im Jahre 1456 beobachtet, wie man aus folgenden Elementen erkennt, die Pingré auf die spärlichen Nachrichten gegründet hat, welche sich bei den Schriftstellern der damaligen Zeit auffinden lassen[7]):

Neigung	Länge des Knotens	Länge des Perihels	Perihel-Abstand	Richtung der Bewegung
17° 56′	48° 30′	301° 0′	0,58	rückläufig.

Vor dem Jahre 1456 findet man kaum noch wirkliche Beobachtungen, denn die Chroniken beschränken sich meist auf die Angabe: in diesem oder jenem Sternbilde erschien ein Komet. Von der Stellung desselben gegen bekannte Sterne oder von der Zeit der Beobachtung findet man kein Wort, und deßwegen lassen sich die Elemente nicht berechnen. Fehlt uns aber dies fast untrügliche Mittel zum Wiedererkennen eines Kometen, so bleibt uns kein anderer Führer als die Umlaufszeit. Wie sehr diese veränderlich ist, haben wir schon bemerkt, und es ist also klar, daß die dadurch erlangten Resultate ziemlich unsicher ausfallen müssen. Ich kann aus den angegebenen Gründen nicht mit aller Zuversicht als alte Erscheinungen des Halley'schen Kometen anführen: die Kometen von 1305 und 1230; den Kometen, dessen Haly ben Rodoan im Jahre 1006 erwähnt; ferner den Kometen vom Jahre 885 und endlich einen im Jahre 52 vor unserer Zeitrechnung erschienenen. Nur in Betreff des Kometen von 1006 läßt sich die Identität nachweisen, zwar nicht durch Vergleichung der Elemente der Bahn, aber durch Aehnlichkeit des Laufes am Himmelsgewölbe [8]).

Unter dem Jahre 1378 erwähnen chinesische Schriften eines Kometen, dessen Lauf sie recht gut bezeichnen. Herrn Laugier, welcher sich der von Eduard Biot gegebenen Uebersetzung des chinesischen Textes bediente, ist es gelungen, hiernach die Elemente der Bahn des Halley'schen Kometen im Jahre 1378 zu berechnen; er hat gefunden:

Neigung	Länge des Knotens	Länge des Perihels	Perihel-distanz	Richtung der Bewegung.
17° 56′	47° 17′	299° 31′	0,58	rückläufig.

Ich stelle jetzt die Durchgänge dieses Kometen durch seine Sonnennähe zusammen, wie sie aufeinander gefolgt sind:

Im Jahre 1378 am 8. November,
„ „ 1456 „ 8. Juni,
„ „ 1531 „ 25. August,
„ „ 1607 „ 26. October,

Im Jahre 1682 am 14. September,
„ „ 1759 „ 12. März,
„ „ 1835 „ 16. November.

Damit werden die Zeiten zwischen zwei aufeinander folgenden Durchgängen durch die Sonnennähe für diese sieben unzweifelhaften Erscheinungen:

von 1378	bis 1456	. . . . .	28343	Tage
„ 1456	„ 1531	. . . . .	27467	„
„ 1531	„ 1607	. . . . .	27811	„
„ 1607	„ 1682	. . . . .	27352	„
„ 1682	„ 1759	. . . . .	27937	„
„ 1759	„ 1835	. . . . .	28006	„

und in runden Zahlen gelten folglich als Dauern der Umlaufszeit für die genannten Perioden[9]):

77	Jahre	7	Monate
75	„	2	„
76	„	2	„
74	„	11	„
76	„	6	„
76	„	8	„

Im Mittel beträgt also die Umlaufszeit 76 Jahre und 1 Monat. Ebenso wie die Störungen von 1607 bis 1682 um 1 Jahr und 2 Monate verkürzt haben, verlängerten sie die von 1378 bis 1456 um 1 Jahr 6 Monate; man sieht hieraus, daß die Umlaufszeiten des Halley'schen Kometen keineswegs, wie Manche geglaubt haben, abwechselnd von 76 und 75 Jahren sind. Ohne die Störungstheorie hätte man die Wiederkehr des Kometen im Jahre 1835 gar nicht mit Genauigkeit vorhersagen können.

Vergleicht man die mittlere Dauer eines Umlaufs des Halley'schen Kometen mit der Dauer des Umlaufs der Erde um die Sonne, so findet man mit Hülfe des dritten Keppler'schen Gesetzes (16. Buch, 6. Kap., S. 202), daß die große Axe seiner elliptischen Bahn gleich 35,9 ist, und demnach beträgt der Unterschied zwischen dieser großen Axe und der Periheldistanz des Kometen 35,3. Letzteres ist zugleich die Entfernung des Kometen im Aphel oder in der Sonnenferne, d. h.

die größte Distanz, die überhaupt zwischen dem Kometen und der Sonne stattfinden kann. Die Excentricität oder das Verhältniß zwischen der Entfernung des Brennpunktes vom Mittelpunkte und der Länge der halben großen Axe, ist 0,9674. Die elliptische Bahn des Halley'schen Kometen ist entworfen in Fig. 184 (S. 248), welche das Planetensystem nach den gegenwärtigen Kenntnissen darstellt. Man wird bemerken, daß sich die Kometenbahn ein wenig über die Neptunbahn hinaus erstreckt.

Siebentes Kapitel.

Bahn des Kometen von kurzer Umlaufszeit oder des Encke'schen.

Die große Ausführlichkeit, mit der ich vom Halley'schen Kometen gehandelt habe, wird mir gestatten nur kurz das Verfahren zu berühren, dessen man sich bedient hat, um die Periodicität desjenigen Kometen, mit dem wir uns gegenwärtig beschäftigen wollen, festzustellen.

Dieser Komet wurde am 26. November 1818 von Pons zu Marseille entdeckt.

Am 13. Januar 1819 legte Bouvard dem Längenbureau die parabolischen Elemente desselben vor.

Sogleich machte eines der Mitglieder die Bemerkung, daß die Resultate der Bouvard'schen Rechnung eine so große Aehnlichkeit mit den Elementen eines im Jahre 1805 beobachteten Kometen zeigten, daß man das neue Gestirn wohl als eine Wiederkehr jenes älteren Kometen anzusehen habe.

Durch diese bloße Vergleichung war nun zwar die Periodicität schon außer Zweifel, aber die Dauer der Umlaufszeit blieb noch unbestimmt, weil es, wenn nicht wahrscheinlich, dennoch möglich war, der Komet sei im Laufe der 13 Jahre mehrmals wiedererschienen.

Ein Fall der häufig bei wissenschaftlichen Untersuchungen eintritt, wiederholte sich auch hier: das Unwahrscheinlichere war das Wahre, denn Prof. Encke, damals in Gotha, bewies durch Rechnung auf unwiderlegliche Weise, daß dieser Komet nur 1200 Tage braucht, um seine ganze elliptische Bahn zu durchlaufen, also etwa $3^3/_{10}$ Jahre.

Aber, hielten diejenigen entgegen, welche der Ansicht waren, die Umlaufszeit eines Kometen müsse nothwendig sehr lang sein, wie kommt es, daß ein Gestirn, das in weniger als vierthalb Jahren jedesmal zu seiner Sonnennähe zurückkommt, vor dem Jahre 1805 niemals beobachtet worden ist? Man entgegnete darauf, der Komet sei sehr klein, lichtschwach und nicht mit bloßem Auge wahrnehmbar. Doch dadurch ließ sich das Fehlen aller Beobachtungen nur für einige Durchgänge auf annehmbare Weise erklären, und wirklich gelang es nicht lange danach, in den Sammlungen der akademischen Schriften Beobachtungen aufzufinden, aus denen auf das Unzweideutigste hervorging, der Komet sei bereits in den Jahren 1786 und 1795 erschienen[10]. Ich lasse die Elemente des Kometen von kurzer Umlaufszeit bei seinen älteren Erscheinungen folgen:

Jahre	Neigung	Länge des Knotens	Länge des Perihels	Perihel-distanz	Richtung der Bewegung.
1786	13°36′	334° 8′	156°38′	0,32	rechtläufig.
1795	13 42	334 39	156 41	0,33	rechtläufig.
1805	13 33	334 20	156 47	0,34	rechtläufig.
1819	13 40	334 30	156 50	0,33	rechtläufig.

Dies sind die Elemente, welche Encke durch die sorgfältigste Untersuchung aus den Beobachtungen von 1786, 1795, 1805, sowie 1818 und 1819 hergeleitet hat. Die mit geringerer Sorgfalt berechneten Elemente, welche die allgemeine Kometentafel vorher darbot, zeigten untereinander allerdings sehr beträchtliche Abweichungen.

Die Bahnelemente aus den Jahren 1786 und 1795 zeigten allzu große Aehnlichkeit mit den Elementen des Kometen von 1818—1819, als daß man noch, nachdem der Betrag der Störungen genau bekannt geworden war, an der Identität hätte zweifeln können. Nichtsdestoweniger blieben noch ziemlich merkliche Unterschiede zurück, welche große Vorsicht bei einer schließlichen Entscheidung räthlich erscheinen ließen.

Wer übrigens seit der Zeit noch einige Zweifel in Betreff der Umlaufszeit dieses merkwürdigen Gestirnes laut werden ließe, aus dem Grunde, daß der Komet seine langgestreckte Bahn um die Sonne in kürzerer Zeit zurücklegt, als manche von den alten oder neuen Planeten brauchen, um ihre kreisförmigen Bahnen zu beschreiben, der würde sich

einer Untersuchung ohne Zweck und Gegenstand überlassen. Gegenwärtig ist die kurze Umlaufszeit des Encke'schen Kometen, der am 27. Januar 1819 durch seine Sonnennähe ging, eine unbestreitbare Thatsache, denn das Wiedererscheinen dieses Kometen an der südlichen Hemisphäre wurde im Jahre 1822 beobachtet, und zwar sehr nahe an den Oertern, welche die Rechnung im Voraus ergeben hatte. Diese Beobachtungen wurden von den Astronomen an der Sternwarte angestellt, welche General Brisbane in Neuholland gegründet hatte. Nicht weniger merkwürdig war ferner die Uebereinstimmung zwischen Rechnung und Beobachtung im Jahre 1825. Ebenso nahm der Komet im Jahre 1829, als er zum dritten Male nach der Vorherbestimmung wiederkehrte, genau die Oerter ein, welche ihm Encke vorgeschrieben hatte, und zwar war die Abweichung, deren Grund ich nachher angeben werde, nur sehr unbeträchtlich. Dieselbe Uebereinstimmung haben die Erscheinungen dargeboten, welche stattfanden in den Jahren 1832, 1835, 1838, 1842, 1845, 1848 und 1852.

Im Annuaire des Längenbureau für 1837 habe ich die Ephemeride dieses Kometen für 1838 mitgetheilt; in folgender Gestalt läßt sich die Ankündigung eines periodischen Kometen geben, damit sich das Publikum leicht von der Richtigkeit selbst überzeuge:

Datum.	Namen der Sternbilder, in denen sich der Komet befinden wird.
20. Sept.	Perseus, nahe beim Medusenhaupte,
25. „	Perseus,
1. Oct.	Andromeda,
10. „	ebenda,
15. „	Cassiopeja,
20. „	ebenda,
25. „	Cepheus,
30. „	ebenda,
1. Nov.	Drachen,
5. „	an der Gränze des Drachen und Herkules,
10. „	Herkules,
15. „	ebenda,
20. „	ebenda,
25. „	Schlange,
1. Dec.	ebenda,
10. „	ebenda,

Datum.	Namen der Sternbilder, in denen sich der Komet befinden wird.
20. Dec.	an der Gränze der Schlange und des Skorpions,
25. „	ebenda,
29. „	Schlangenträger,
1. Jan. 1839	Schütze.

Dabei bemerkte ich: „Sein Perihel, d. h. denjenigen Punkt seiner Bahn, wo seine Entfernung von der Sonne am kleinsten ist, wird der Komet am 18. December 1837 erreichen. Am 7. November steht er der Erde am nächsten, und dieser kleinste Abstand des Kometen von der Erde wird 22 Hundertel der mittleren Entfernung der Erde von der Sonne betragen, so daß man denselben etwa auf 4 Millionen geogr. Meilen schätzen kann.“

Folgendes sind nun die Elemente des Encke'schen Kometen für die Wiederkünfte, in denen man ihn seit seiner Entdeckung im Jahre 1818 beobachtet hat:

Jahre	Durchgang durch das Perihel	Neigung	Länge des Knotens	Länge des Perihels	Perihel-distanz	Richtung d. Bew.
1822	24. Mai	13°20′	334°25′	157°12′	0,35	rechtl.
1825	16. Sept.	13 21	334 28	157 14	0,34	rechtl.
1829	9. Jan.	13 21	334 30	157 18	0,35	rechtl.
1832	4. Mai	13 22	334 32	157 21	0,34	rechtl.
1835	26. Aug.	13 21	334 35	157 23	0,34	rechtl.
1838	19. Dec.	13 21	334 37	157 27	0,34	rechtl.
1842	12. Apr.	13 20	334 39	157 29	0,35	rechtl.
1845	9. Aug.	13 8	334 20	157 44	0,34	rechtl.
1848	26. Nov.	13 9	334 22	157 47	0,34	rechtl.
1852	14. März	13 8	334 23	157 51	0,34	rechtl.

Die Umlaufszeiten sind, nach Encke's Untersuchungen, der Reihe nach gewesen:

	Tage
von 1786 bis 1795	1208,11
von 1795 bis 1805	1207,78
von 1805 bis 1819	1207,42

Den neuesten Beobachtungen zufolge beträgt die Umlaufszeit nur noch 1204 Tage. Diese Dauer entspricht $3^3/_{10}$ Jahren, und giebt nach

dem dritten Keppler'schen Gesetze für die elliptische Bahn des Encke'schen Kometen (Fig. 184, S. 248):

Halbe große Axe . . .	2,2148
Periheldistanz	0,3370
Apheldistanz	4,0926
Excentricität	0,8478

Die Bahn wird von der Jupitersbahn umschlossen.

Der Encke'sche Komet ist in seinen meisten Wiedererscheinungen in günstigen Stellungen für die Beobachtungen der europäischen Astronomen gewesen.

Achtes Kapitel.

Bahn des Kometen von sechs und dreiviertel Jahren oder des Gambart'schen (Biela'schen) Kometen.

Wir gelangen zu einem zweiten periodischen Kometen, der, wie der vorige, gleichfalls im Jahre 1832 wiedererschien, und dessen Nähe, wie man behauptete, der Erde und ihren Bewohnern so gefährlich werden sollte.

Dieser Komet wurde am 27. Februar 1826 von Biela zu Josephstadt entdeckt, und zehn Tage später von Gambart zu Marseille. Letzterer berechnete unverweilt die parabolischen Elemente aus seinen eigenen Beobachtungen, und erkannte beim Nachschlagen in dem allgemeinen Kometenverzeichnisse, dessen ich schon mehrfach erwähnt habe, daß dieser Komet nicht zum ersten Male erschien, sondern bereits in den Jahren 1805 und 1772 beobachtet worden war.

Der Leser wird nicht ungern selbst über den Grad der Aehnlichkeit urtheilen wollen, die zwischen den parabolischen Elementen des Haarsterns in den genannten drei Erscheinungen besteht:

Jahre	Neigung	Länge des Knotens	Länge des Perihels	Periheldistanz	Richtung der Bewegung
1772	18°17′	254° 0′	110°14′	1,01	rechtläufig,
1805	16 31	250 33	109 23	0,89	rechtläufig,
1826	14 39	247 54	104 20	0,95	rechtläufig.

Sobald man nun wußte, daß der Komet von 1826 periodisch war, kam es darauf an, den Uebergang von den parabolischen zu den elliptischen Elementen zu machen, und die Dauer der Umlaufszeit zu ermitteln, welche die parabolischen Elemente bekanntlich gänzlich unbestimmt lassen. Clausen und Gambart unternahmen diese Rechnung und fanden beiderseits fast gleichzeitig, daß der neue Komet einen vollen Umlauf um die Sonne in etwa sieben Jahren vollbringt.

Dies überraschende Resultat fand nirgend Widerspruch, denn im Jahre 1826 war man schon gänzlich von der alten Vorstellung zurückgekommen, daß die Umlaufszeiten der Kometen nothwendig außerordentlich lang seien; aber unklug wäre es gewesen, den Zeitpunkt der nächsten Wiederkehr des neuen Gestirnes bestimmen zu wollen, ohne eine vorhergegangene gründliche Untersuchung aller Ablenkungen, aller irgend merklichen Störungen, welche der Komet während seines Umlaufs durch die Einwirkung der verschiedenen Planeten erleiden konnte. Dieser langen und mühsamen Arbeit unterzog sich Damoiseau.

Aus den im Jahre 1826 angestellten Beobachtungen leitete man die Folgerung her, daß der Komet von sechs und dreiviertel Jahren bei seiner nächsten Rückkehr im Jahre 1832 mit der Erde zusammenstoßen würde; als man die Frage indessen genauer betrachtete, ergab sich, daß kein Grund zu einer derartigen Befürchtung vorlag. Zu diesem Ergebnisse gelangten die Astronomen durch folgende Schlüsse.

Der Komet von sechs und dreiviertel Jahren mußte die Ebene der Ekliptik, d. h. der Bahn, in welcher sich die Erde bewegt, am Abend des 29. October 1832 durchschneiden.

Nun verläßt die Erde bei ihrem jährlichen Umlauf um die Sonne niemals die Ebene der Ekliptik, folglich könnte ein Komet nur in dieser Ebene mit ihr zusammentreffen; wäre also vom Kometen von 1832 etwas zu fürchten gewesen, so konnte die Gefahr nur eintreten in den Stunden vor Mitternacht am 29. October.

Wir müssen ferner untersuchen, ob der Punkt, in welchem der Komet die Ebene der Ekliptik durchschneiden sollte, nahe bei einem Punkte der von der Erde beschriebenen Linie fiel, denn wenn zwei Körper aneinanderstoßen sollten, so war diese zweite Bedingung nicht weniger nothwendig als jene erste.

In dieser Beziehung ergab nun die Rechnung, daß der Durchgang des Kometen durch die Ebene der Ekliptik etwas innerhalb unserer Bahn stattfinden mußte, und zwar in etwa vier und zweidrittel Erdhalbmesser Entfernung von dieser krummen Linie. Auch darf nicht verschwiegen werden, daß diese an sich schon so geringe Entfernung vollständig verschwinden konnte, wenn man an die Damoiseau'schen Elemente kleine Aenderungen, wie sie noch ganz zulässig waren, anbrachte.

Nehmen wir indessen diese Entfernung von vier und zweidrittel Erdhalbmesser als richtig an, bemerken wir ferner, daß dieselbe für den Mittelpunkt des Kometen gilt, und überlegen wir, ob die Größe des Kometen beträchtlich genug ist, damit Theilchen von ihm Punkte unserer Bahn erreichen könnten.

Beobachtungen von Olbers, dem gefeierten Astronomen von Bremen, hatten bei der Erscheinung im Jahre 1805 für die Länge des Kometenhalbmessers fünf und eindrittel Erdhalbmesser ergeben. Vergleicht man diese Zahl mit den obigen, so folgt unwiderleglich, daß ein Theil der Erdbahn am 29. October 1832 sich in dem Kometennebel befand.

Jetzt bleibt nur noch folgende Frage zu beantworten: Als der Komet unserer Erdbahn so nahe stand, daß seine Nebelhülle einen Theil derselben einschloß, an welcher Stelle befand sich damals unsere Erde?

Vorhin bemerkte ich bereits, daß der Vorübergang des Kometen in großer Nähe bei einem bestimmten Punkte unserer Erdbahn am 29. October in den Abendstunden stattfand; die Erde aber erreichte diesen Punkt nicht früher als am 30. November Morgens, d. h. mehr als einen Monat später. Nun braucht man nur zu überlegen, daß die mittlere Geschwindigkeit der Erde in ihrer Bahn täglich 340,000 geogr. Meilen beträgt, um durch eine äußerst leichte Rechnung zu finden, daß der Komet von sechs und dreiviertel Jahren, wenigstens bei seiner Erscheinung im Jahre 1832, stets mehr als zehn Millionen Meilen von der Erde entfernt bleiben mußte!

Um für die nachfolgenden Erscheinungen den geringsten Abstand des Kometen von der Erde zu finden, muß man dieselben Rechnungen

wiederholen. Wäre der Komet im Jahre 1832, statt daß er die Ekliptik am 29. October durchschnitt, in diesem Punkte erst am 30. November Morgens angelangt, so hätte sich seine Atmosphäre unfehlbar mit der der Erde vermischt, und vielleicht wäre er gar mit der Erde zusammengestoßen! Aber ich kann sogleich die Versicherung hinzufügen, daß ein Irrthum von einem Monat in der Zeit des Durchganges des Kometen durch seine Knoten ganz unmöglich ist. Endlich bemerke ich auch noch, daß ich bei dieser Betrachtung nur die eigentliche Nebelhülle des Kometen ins Auge zu fassen brauche, weil man bei diesem Kometen in seinen verschiedenen Erscheinungen niemals eine Spur von Schweif wahrgenommen hat.

Vorstehende Ergebnisse stimmen durchaus mit denen überein, welche Olbërs in einem Aufsatze gegeben hatte, dessen Sinn so Viele auf seltsamste Weise mißverstanden haben. Gab es doch damals Einzelne, welche zwar zugaben, daß für die Erde im Jahre 1832 direct durchaus Nichts zu fürchten sei, dennoch aber der Ansicht waren, daß der Komet mit unserer Erdbahn nicht zusammentreffen könne, ohne sie zu stören. Sie schlossen also in der Weise, als ob diese Bahn etwas Körperliches wäre, oder als ob die Gestalt des parabolischen Weges, den eine Kanonenkugel nach dem Abschießen durchläuft, möglicher Weise abhängig wäre von der Zahl und von der Lage derjenigen Linien, welche vorher andere Kugeln in derselben Gegend durchlaufen haben!

Von diesem Kometen hat man, seit der Zeit seiner Entdeckung im Jahre 1826, die parabolischen Elemente auch aus den Beobachtungen in den Erscheinungen 1832 und 1846 berechnet. Bei seiner Wiederkehr im Jahre 1839 wurde er nicht wahrgenommen. Die berechneten Bahnen waren folgende:

Jahre	Durchgang durch das Perihel	Neigung	Länge d. Knotens	Länge d. Perihels	Perihel-distanz	Richtung d. Bew.
1832	26. Nov.	13°13′	248°16′	110°1′	0,88	rechtl.
1846	11. Febr.	12 34	245 55	109 2	0,86	rechtl.

Die Zwischenzeit zwischen diesen beiden Periheldurchgängen beträgt 4825 Tage, wonach sich die mittlere Dauer der Umlaufszeit auf 2412½ Tage stellt.

Elliptisch berechnet gibt die Bahn:

Länge der halben großen Axe . . .	3,5245
Periheldistanz	0,8565
Apheldistanz	6,1926
Excentricität . . . . , . .	0,7570.

Dauer der Umlaufszeit: 2417 Tage oder 6,62 Jahre.

Fig. 184 (S. 248) macht ersichtlich, daß sich die Bahn dieses Kometen etwas über die Jupitersbahn hinaus erstreckt.

In einem späteren Kapitel werde ich auf die merkwürdige Erscheinung der Verdoppelung kommen, welche man am Biela'schen (Gambart'schen) Kometen bei seiner Wiederkehr im Jahre 1846 beobachtet hat. In seiner letzten Erscheinung wurde er wahrgenommen gegen Ende August 1852, und blieb etwa drei Wochen lang sichtbar. Pater Secchi, Director der Sternwarte zu Rom, bemerkte am 16. September einen schwächeren Kometen, der etwa 30 Minuten in gerader Aufsteigung voranging, und ungefähr ebenso viel südlicher stand. Aller Wahrscheinlichkeit nach kann man diesen letzteren Kometen als den zweiten Theil desjenigen betrachten, von dem dieses Kapitel handelt.

In den meisten astronomischen Büchern führt dieser Komet den Namen des Biela'schen; dieser Bezeichnungsweise kann ich indessen keineswegs beistimmen, aus Gründen, die ich in einer, dem Andenken Gambart's gewidmeten Biographie*) auseinander gesetzt habe; von diesen Gründen will ich hier nur den wesentlichen Inhalt angeben.

Es ist gebräuchlich geworden, den periodischen Kometen die Namen von Männern beizulegen. Weil dadurch der Eifer der Astronomen angeregt werden kann, ist es schon aus diesem Grunde gut, diesen Gebrauch beizubehalten, nur muß man, wie es scheint, eine Bedingung durchaus erfüllen: daß die Namen nämlich in allen Fällen nach unabänderlichen Regeln bestimmt werden, und daß dabei von jeder Eigenliebe und von allen nationalen Vorurtheilen abgesehen werde. Nun muß man bei jedem periodischen Kometen von Anfang an unterscheiden: den Astronomen, der zuerst den Kometen wahrnimmt; ferner

*) Siehe den dritten Band der gesammten Werke, Biographieen, S. 364.

denjenigen Astronomen, der, gleichfalls zuerst, aus den parabolischen Elementen erkennt, daß der Komet schon früher gesehen worden ist; endlich denjenigen, der zu den elliptischen Elementen übergehend, die Umlaufszeit genau bestimmt. Sehen wir nun zu, welche Grundsätze man für die beiden periodischen Kometen, mit denen wir uns in den vorigen beiden Kapiteln beschäftigt haben, in Anwendung gekommen sind.

Was zunächst den Halley'schen Kometen betrifft, so ist man übereingekommen, ihm den Namen des gefeierten Astronomen beizulegen, der sich zuerst mit den periodischen Kometen beschäftigte, und der aus den parabolischen Elementen nachgewiesen hatte, daß der Komet schon früher erschienen war, der ferner die Periodicität bewiesen und die nächste Rückkehr des Kometen (Clairaut berechnete den Zeitpunkt genauer) vorhergesagt hatte.

Den Encke'schen Kometen hat man weder nach Pons benannt, der ihn entdeckte, noch nach Bouvard, der seine parabolischen Elemente berechnete, sondern nach Encke, der die früheren Erscheinungen auffand, und die nächsten Wiedererscheinungen berechnete.

Mit welchem Rechte will man den Kometen von sechs und dreiviertel Jahren mit dem Namen Biela's belegen, der Nichts weiter that als den Kometen entdeckte; während man doch den Kometen von drei und dreizehntel Jahren nicht nach seinem Entdecker Pons benannt hat? Warum will man zweierlei Maaß anwenden und zweierlei Gewicht? Von dem Kometen von **1818—1819** hat Gambart die parabolischen Elemente berechnet, die früheren Erscheinungen aufgefunden und die zukünftigen Wiedererscheinungen vorhergesagt. So lange man den Kometen von kurzer Umlaufszeit den Encke'schen nennen wird (und meinerseits finde ich diese Benennung ganz geeignet), muß hiernach der Komet von sechs und dreiviertel Jahren der Gambart'sche heißen, und keineswegs der Biela'sche [11]).

Neuntes Kapitel.

Komet von sieben und einhalb Jahren oder der Faye'sche Komet.

Am 22. November 1843 entdeckte der Gehülfe der pariser Sternwarte, Herr Faye, einen neuen Kometen. Er war einer der ersten Astronomen, welcher seine parabolischen Elemente und bald danach seine elliptische Bahn bestimmte, denn es zeigte sich, daß der während der ganzen Zeit der Sichtbarkeit beobachtete Lauf nicht ein parabolischer Bogen, wohl aber ein elliptischer war[12]. So hat also Faye nicht nur das neue Gestirn entdeckt, sondern sich auch thätig an den Rechnungen betheiligt, durch welche die Periodicität erwiesen wurde, und ich kann daher dem Gebrauche, demzufolge dieser Komet der Faye'sche genannt wird, nur beistimmen. Von denjenigen Astronomen, welche sich bemüht haben die Bahn, welche der Komet durchläuft, genau zu berechnen, nenne ich Goldschmidt in Göttingen, Nicolai in Mannheim und Leverrier in Paris. In dem Kometenverzeichnisse hat sich kein Gestirn gefunden, dessen Elemente Aehnlichkeit mit denen des neuen Kometen besäßen; indessen konnte man dennoch mittelst der aus den Beobachtungen von 1843 und 1844 gefolgerten Bahn im Voraus eine Ephemeride für den Lauf berechnen, den dieser Komet bei seiner nächsten Rückkehr in den Jahren 1850 und 1851 nehmen mußte. Mit Hülfe dieser Ephemeride hat Challis, Director der Sternwarte zu Cambridge in England, im Monat November 1850 den Kometen wiedergefunden. Die Rückkehr des neuen Kometen war also recht genau vorherbestimmt worden.

Dieser vierte periodische Komet ist der letzte von denen, deren Durchgang durch die Sonnennähe bisher öfter als Einmal beobachtet worden ist.

Folgendes sind, nach Leverrier's Rechnungen, die Bestimmungsstücke der Bahn dieses Kometen, welche (Fig. 184, S. 248) über die Jupitersbahn hinausreicht.

Jahre	Durchgang durch das Perihel	Neigung	Länge des Knotens	Länge des Perihels	Perihel-distanz	Richtung d. Bew.
1843	17. October	11°23′	209°29′	49°34′	1,69	rechtl.
1851	3. April	11 22	209 31	49 43	1,70	rechtl.

Länge der halben großen Axe ...	3,8118
Apheldistanz	5,9310
Excentricität	0,5550

Dauer der Umlaufszeit: 2718 Tage oder 7,44 Jahre.

Ein Blick auf Fig. 184 lehrt, wie sehr die Bahnen der periodischen Kometen untereinander und mit den Planetenbahnen verschlungen sind; man darf jedoch, um jeder irrigen Ansicht vorzubeugen, nicht vergessen, daß die Ebenen dieser Bahnen verschieden gegen die Ebene der Ekliptik geneigt sind, dergestalt daß die in der Figur dargestellten Ellipsen sich keineswegs schneiden, sondern in ziemlich beträchtlichen Entfernungen bei einander vorübergehen.

Zehntes Kapitel.

Verzeichniß aller berechneten Kometen.

Es hat mir von Interesse für die Leser geschienen, wenn ich hier ein Verzeichniß aller der bis zum Jahre 1853 berechneten parabolischen Kometenbahnen mittheilte, damit Jeder in den Stand gesetzt wird, beim Erscheinen irgend eines neuen Kometen den Rechnungen der Astronomen folgen zu können. Der Katalog gewährt außerdem die Ueberzeugung, daß alljährlich neue Kometen beobachtet werden, und daß also dergleichen Erscheinungen uns nicht mehr überraschen oder gar beunruhigen können.

Ich habe in das nachfolgende Verzeichniß nur solche Kometenbahnen aufgenommen, die vollständig und sicher bekannt sind. Auch fehlen die Erscheinungen der Kometen von Halley, Encke, Biela (Gambart) und Faye, deren Elemente bereits in den vorhergehenden Kapiteln mitgetheilt wurden, da ich hier nur die wirklich berechneten und noch nicht wiedergesehenen Kometen zusammenstellen werde [13].

No.	Jahr	Durchg. durch das Perihel	Neigung	Länge des Knotens	Länge des Perihels	Perihel-distanz	Richt. d. Bew.
	Vor Chr.						
1	136	29. Apr.	20° 0′	220° 0′	230° 0′	1,01	R *)
	Nach Chr.						
2	66	14. Jan.	40°30′	32°40′	325° 0′	0,44	R
3	141	29. März	17 0	12 50	251 55	0,72	R
4	240	9. Nov.	44 0	189 0	271 0	0,37	D
5	539	20. Oct.	10 0	58**) 0	313 30	0,34	D
6	565	11. Juli	62 0	158 45	84 0	0,80	R
7	568	29. Aug.	4 8	294 15	318 35	0,91	D
8	574	7. Apr.	46 31	128 17	143 39	0,96	D
9	770	6. Juni	61 49	90 50	357 7	0,64	R
10	837	28. Febr.	11 0	206 33	289 3	0,58	R
11	961	30. Dec.	79 33	350 35	268 3	0,55	R
12	989	11. Sept.	17 0	84 0	264 0	0,57	R
13	1066	1. Apr.	17 0	25 50	264 55	0,72	R
14	1092	15. Febr.	28 55	125 40	156 20	0,93	D
15	1097	21. Sept.	73 30	207 30	332 30	0,74	D
16	1231	30. Jan.	6 5	13 30	134 48	0,95	D
17	1264	15. Juli	30 25	175 30	272 30	0,43	D
18	1299	31. März	68 57	107 8	3 20	0,32	R
19	1301	23. Oct.	13 0	138 0	312 0	0,64	R
20	1337	15. Juni	40 28	93 1	2 20	0,83	R
21	1362	11. März	21 0	249 0	219 0	0,46	R
22	1385	16. Oct.	52 15	268 31	101 47	0,774	R
23	1433	4. Nov.	79 1	133 49	281 2	0,35	R
24	1457	3. Sept.	20 20	256 6	92 48	2,10	D
25	1468	7. Oct.	44 19	61 15	356 3	0,85	R
26	1472	28. Febr.	1 55	207 32	48 3	0,54	R
27	1490	24. Dec.	51 37	288 45	58 40	0,738	D
28	1506	3. Sept.	45 1	132 50	250 37	0,386	R
29	1532	19. Oct.	42 27	119 8	135 44	0,61	D

*) R und D bedeuten retrograd oder rückläufig und direct oder rechtläufig.

**) Oder 238°.

No.	Jahr Nach Chr.	Durchg. durch das Perihel	Neigung	Länge des Knotens	Länge des Perihels	Perihel-distanz	Richt. d. Bew.
30	1556	22. Apr.	30°12′	175°26′	274°14′	0,50	D
31	1558	10. Aug.	73 29	332 36	329 49	0,58	R
32	1577	26. Oct.	75 10	25 20	129 42	0,18	R
33	1580	28. Nov.	64 52	19 8	109 12	0,59	D
34	1582	6. Mai	61 28	231 7	245 23	0,23	R
35	1585*)	8. Oct.	6 5	37 44	9 15	1,09	D
36	1590	8. Febr.	29 41	165 31	216 54	0,57	R
37	1593	18. Juli	87 58	164 15	176 19	0,089	D
38	1596	23. Juli	52 48	335 39	274 24	0,566	R
39	1618	17. Aug.	21 28	293 25	318 20	0,513	D
40	1618	8. Nov.	37 11	75 44	3 5	0,39	D
41	1652	12. Nov.	79 28	88 10	28 19	0,85	D
42	1661	26. Jan.	33 1	81 54	115 16	0,44	D
43	1664	4. Dec.	21 18	81 14	130 41	1,03	R
44	1665	24. Apr.	76 5	228 2	71 54	0,11	R
45	1668	28. Febr.	35 58	357 17	277 2	0,005	R
46	1672	1. März	83 22	297 30	46 59	0,70	D
47	1677	6. Mai.	79 3	236 49	137 37	0,28	R
48	1678	18. Aug.	2 52	163 20	322 48	1,14	D
49	1680	17. Dec.	60 39	272 10	262 49	0,006	D
50	1683	12. Juli	83 48	173 18	86 31	0,55	R
51	1684	8. Juni	65 49	268 15	238 52	0,96	D
52	1686	16. Sept.	31 22	350 35	77 1	0,33	D
53	1689	1. Dec.	69 17	323 45	263 45	0,017	R
54	1695	9. Nov.	22 0	216 0	60 0	0,843	D
55	1698	18. Oct.	11 46	267 44	270 51	0,691	R
56	1699	13. Jan.	69 20	321 46	212 31	0,744	R
57	1701	17. Oct.	41 39	298 41	133 41	0,59	R
58	1702	13. März	4 25	188 59	138 47	0,65	D
59	1706	30. Jan.	55 14	13 12	72 29	0,43	D
60	1707	11. Dec.	88 36	52 47	79 55	0,86	D

*) Hier beginnt die Zählung nach neuem Styl.

No.	Jahr Nach Chr.	Durchg. durch das Perihel	Neigung	Länge des Knotens	Länge des Perihels	Perihel-distanz	Richt. d. Bew.
61	1718	14. Jan.	31° 8′	127°55′	121°49′	1,025	R
62	1723	27. Sept.	50 0	14 14	42 53	0,999	R
63	1729	12. Juni	77 5	310 38	320 27	4,043	D
64	1737	30. Jan.	18 21	226 22	325 55	0,22	D
65	1737	8. Juni	39 14	123 54	262 37	0,867	D
66	1739	17. Juni	55 43	207 25	102 39	0,673	R
67	1742	8. Febr.	66 59	185 38	217 35	0,766	R
68	1743	8. Jan.	1 54	86 54	93 20	0,862	D
69	1743	20. Sept.	45 48	5 16	246 34	0,522	R
70	1744	1. März	47 9	45 45	197 13	0,222	D
71	1746	15. Febr.	6 0	335 0	140 0	0,95	D
72	1747	3. März	79 6	147 19	277 2	2,198	R
73	1748	28. April	85 28	232 52	215 23	0,840	R
74	1748	18. Juni	67 3	33 8	278 47	0,625	D
75	1757	21. Oct.	12 50	214 13	122 58	0,337	D
76	1758	11. Juni	68 19	230 50	267 38	0,215	D
77	1759	27. Nov.	78 59	139 39	53 24	0,798	D
78	1759	16. Dec.	4 51	79 51	138 24	0,966	R
79	1762	28. Mai	85 38	348 33	104 2	1,009	D
80	1763	1. Nov.	72 34	356 18	84 57	0,498	D
81	1764	12. Febr.	52 54	120 5	15 15	0,555	R
82	1766	17. Febr.	40 50	244 11	143 15	0,505	R
83	1766	26. Apr.	8 2	74 11	251 13	0,399	D
84	1769	7. Oct.	40 46	175 4	144 11	0,123	D
85	1770	14. Aug.	1 35	131 59	356 16	0,675	D
86	1770	22. Nov.	31 26	108 42	208 23	0,528	R
87	1771	19. Apr.	11 16	57 52	104 3	0,903	D
88	1773	5. Sept.	61 14	121 5	75 11	1,127	D
89	1774	15. Aug.	83 20	180 45	317 28	1,433	D
90	1779	4 Jan.	32 31	25 4	87 14	0,713	D
91	1780	30. Sept.	54 23	123 41	246 36	0,096	R
92	1780	28. Nov.	72 3	141 1	246 52	0,515	R

No.	Jahr Nach Chr.	Durchg. durch das Perihel	Neigung	Länge des Knotens	Länge des Perihels	Perihel-distanz	Richt. d. Bew.
93	1781	7. Juli	81°43′	83° 1′	239°11′	0,776	D
94	1781	29. Nov.	27 13	77 23	16 3	0,961	R
95	1783	19. Nov.	47 43	55 12	49 32	1,495	D
96	1784	21. Jan.	51 9	56 49	80 44	0,708	R
97	1785	27. Jan.	70 14	264 12	109 52	1,143	D
98	1785	8. April	87 32	64 34	297 29	0,427	R
99	1786	7. Juli	50 54	194 23	159 26	0,410	D
100	1787	10. Mai	48 16	106 52	7 44	0,349	R
101	1788	10. Nov.	12 28	156 57	99 8	1,063	R
102	1788	20. Nov.	64 30	352 24	22 50	0,757	D
103	1790	15. Jan.	31 0	175 0	60 15	0,75	R
104	1790	28. Jan.	56 58	267 9	111 45	1,063	D
105	1790	21. Mai	63 52	33 11	273 43	0,798	R
106	1792	13. Jan.	39 47	190 46	36 30	1,293	R
107	1792	27. Dec.	49 2	283 15	135 59	0,966	R
108	1793	4. Nov.	60 21	108 29	228 42	0,403	R
109	1793	28. Nov.	51 31	2 0	71 54	1,495	D
110	1796	2. April	64 54	17 2	192 44	1,578	R
111	1797	9. Juli	50 41	329 16	49 27	0,527	R
112	1798	4. April	43 52	122 9	104 59	0,485	D
113	1798	31. Dec.	42 26	249 30	34 27	0,779	R
114	1799	7. Sept.	50 56	99 33	3 40	0,840	R
115	1799	25. Dec.	77 2	326 49	190 20	0,626	R
116	1801	8. Aug.	21 20	44 28	183 49	0,262	R
117	1802	9. Sept.	57 1	310 16	332 9	1,094	D
118	1804	13. Febr.	56 44	176 50	148 54	1,072	D
119	1806	28. Dec.	35 3	322 19	97 2	1,082	R
120	1807	18. Sept.	63 10	266 47	270 55	0,646	D
121	1808	12. Mai	45 43	322 59	69 13	0,390	R
122	1808	12. Juli	39 19	24 11	252 39	0,608	R
123	1810	5. Oct.	62 46	308 53	63 9	0,969	D
124	1811	12. Sept.	73 2	140 25	75 1	1,035	R

No.	Jahr Nach Chr.	Durchg. durch das Perihel	Neigung	Länge des Knotens	Länge des Perihels	Perihel-distanz	Richt. d. Bew.
125	1811	10. Nov.	31°17′	93° 2′	47°27′	1,582	D
126	1812	15. Sept.	73 57	253 1	92 19	0,777	D
127	1813	4. März	21 14	60 48	69 56	0,699	R
128	1813	19. Mai	81 2	42 41	197 44	1,216	R
129	1815	25. April	44 30	83 29	149 2	1,213	D
130	1816	1. März	43 5	323 15	267 36	0,048	D
131	1818	25. Febr.	89 44	70 26	182 45	1,198	D
132	1818	4. Dec.	63 5	89 59	101 55	0,855	R
133	1819	27. Juni	80 45	273 43	287 6	0,341	D
134	1819	18. Juli	10 43	113 11	274 41	0,774	D
135	1819	20. Nov.	9 1	77 14	67 19	0,893	D
136	1821	21. März	73 33	48 41	239 29	0,092	R
137	1822	5. Mai	53 37	177 27	192 44	0,504	R
138	1822	16. Juli	38 13	97 40	218 33	0,837	R
139	1822	23. Oct.	52 39	92 45	271 40	1,145	R
140	1823	9. Dec.	76 12	303 3	274 34	0,226	R
141	1824	11. Juli	54 34	234 19	260 17	0,591	R
142	1824	29. Sept.	54 37	279 16	4 31	1,050	D
143	1825	30. Mai	56 41	20 6	273 55	0,889	R
144	1825	18. Aug.	89 42	192 56	10 14	0,883	D
145	1825	10. Dec.	33 33	215 43	318 47	1,241	R
146	1826	22. April	40 3	197 38	116 55	2,011	D
147	1826	29. April	5 17	40 29	35 48	0,188	R
148	1826	8. Oct.	25 57	44 6	57 48	0,853	D
149	1826	18. Nov.	89 22	235 8	315 32	0,027	R
150	1827	4. Febr.	77 36	184 28	33 30	0,506	R
151	1827	7. Juni	43 39	318 10	297 32	0,808	R
152	1827	11. Sept.	54 5	149 39	250 57	0,138	R
153	1830	9. April	21 16	206 22	212 12	0,921	D
154	1830	27. Dec.	44 45	337 53	310 59	0,126	R
155	1832	25. Sept.	43 18	72 27	227 56	1,184	R
156	1833	10. Sept.	7 21	323 1	222 51	0,458	D

Nr.	Jahr Nach Chr.	Durchg. durch das Perihel	Neigung	Länge des Knotens	Länge des Perihels	Perihel-distanz	Richt. d. Bew.
157	1834	2. April	5°57′	226°49′	276°34′	0,515	D
158	1835	27. März	9 8	58 20	207 43	2,041	R
159	1840	4. Jan.	53 5	119 58	192 12	0,618	D
160	1840	12. März	59 13	237 49	80 18	1,221	R
161	1840	2. April	79 51	186 4	324 20	0,742	D
162	1840	13. Nov.	57 57	248 56	22 32	1,481	D
163	1842	16. Dec.	73 34	207 50	327 17	0,504	R
164	1843	27. Febr.	35 41	1 12	278 40	0,006	R
165	1843	6. Mai	52 44	157 15	281 28	1,616	D
166	1844	2. Sept.	2 55	63 49	342 31	1,186	D
167	1844	17. Oct.	48 36	31 39	180 24	0,855	R
168	1844	13. Dec.	45 37	118 23	296 1	0,251	D
169	1845	8. Jan.	46 50	336 44	91 20	0,905	D
170	1845	21. April	56 24	347 7	192 33	1,255	D
171	1845	5. Juni	48 42	337 48	262 0	0,401	R
172	1846	22. Jan.	47 26	111 8	89 6	1,481	D
173	1846	25. Febr.	30 58	102 38	116 28	0,650	D
174	1846	5. März	85 6	77 33	90 27	0,664	D
175	1846	27. Mai	57 36	161 19	82 33	1,376	R
176	1846	1. Juni	31 2	260 12	239 50	1,538	D
177	1846	5. Juni	29 19	261 51	162 1	0,633	R
178	1846	29. Oct.	49 41	4 41	98 36	0,831	D
179	1847	30. März	48 40	21 49	276 12	0,042	D
180	1847	4. Juni	79 34	173 58	141 37	2,115	R
181	1847	9. Aug.	32 39	76 43	21 17	1,485	R
182	1847	9. Aug.	83 27	338 17	246 42	1,767	R
183	1847	9. Sept.	19 8	309 49	79 12	0,488	D
184	1847	14. Nov.	72 11	190 56	274 26	0,330	R
185	1848	8. Sept.	84 25	211 32	310 35	0,320	R
186	1849	19. Jan.	85 3	215 13	63 14	0,960	D
187	1849	26. Mai	67 10	202 33	235 43	1,159	D
188	1849	8. Juni	66 59	30 32	267 3	0,895	D

No.	Jahr Nach Chr.	Durchg. durch das Perihel	Neigung	Länge des Knotens	Länge des Perihels	Perihel-distanz	Richt. d. Bew.
189	1850	23. Juli	68°12′	92°53′	273°24′	1,082	D
190	1850	19. Dec.	40 6	205 59	89 14	0,565	D
191	1851	8. Juli	13 56	148 27	322 60	1,174	D
192	1851	26. Aug.	37 44	223 9	311 13	0,981	D
193	1851	30. Sept.	73 60	44 26	338 45	0,141	D
194	1852	19. April	48 53	317 8	280 1	0,905	R
195	1852	12. Oct.	40 59	346 13	43 12	1,251	D
196	1853	24. Febr.	18 32	61 33	154 49	1,076	R
197	1853	1. Sept.	61 30	140 28	311 1	0,306	D

Aus dem vorstehenden Verzeichnisse ist deutlich ersichtlich, daß die Kometen in unserm Sonnensysteme um so zahlreicher erscheinen, als die Beobachtungsmittel vollkommener werden, und als der Eifer der Astronomen für den Fortschritt ihrer Wissenschaft zunimmt. Ob nun so zahlreiche Gestirne nur Ein Mal in der Nähe der Sonne erscheinen, und sich dann für alle Zeit in die Tiefe des Raumes zu verlieren, wo wir sie mit unsern mächtigsten Instrumenten niemals erblicken können? Zur Beantwortung dieser Frage werde ich jetzt zeigen, welche Wahrscheinlichkeit für die zukünftigen Astronomen vorhanden ist, einige von den Kometen wiederzufinden, für welche die heutigen Beobachter oder Berechner die Bahn genau festzulegen sich bemüht haben.

Elftes Kapitel.

Der Komet vom Jahre 1770 oder der Lexell'sche.

Im Junimonat des Jahres 1770 entdeckte Messier einen Kometen, und wie gewöhnlich beeilten sich die Astronomen, gleich nachdem die Beobachtungen angestellt waren, seine parabolischen Elemente zu bestimmen. Diese Elemente zeigten keine Aehnlichkeit mit denen früher beobachteter Kometen.

Dieser Himmelskörper blieb lange Zeit sichtbar, und es war

daher natürlich, daß man untersuchte, wie nahe seine letzten Oerter mit der aus den Beobachtungen geschlossenen Parabel übereinstimmten. Die Unterschiede zeigten sich außerordentlich groß, und konnten durch kein System parabolischer Elemente weggeschafft werden. In diesem besonderen, niemals früher vorgekommenen Falle war man also durchaus nicht berechtigt, die Parabel an Stelle der Ellipse zu setzen: die große Axe der wirklichen Ellipse mußte sogar ziemlich klein sein.

In der That fand Lexell, daß der Komet von 1770 (No. 85 unsers Verzeichnisses) um die Sonne eine Ellipse beschrieben hatte, deren große Axe nicht mehr als dreimal den Durchmesser der Erdbahn übertraf; dieser Größe entsprach eine Umlaufszeit von fünf Jahren und etwa sechs Monaten. Dadurch konnte Lexell mit der den Beobachtungen zukommenden Genauigkeit alle Oerter darstellen, die der Komet während der langen Dauer seiner Sichtbarkeit eingenommen hatte.

Aber diesem wichtigen Ergebnisse stellte sich sogleich ein schwerer Einwurf entgegen. Bei einer so kurzen Umlaufszeit hätte man glauben sollen, der Komet von 1770 habe vorher häufig erscheinen müssen, und dennoch fand sich in den Kometographieen, vor Messier's Beobachtungen, keine Spur davon. Ja noch mehr: der Komet ist seit jener Zeit niemals wieder beobachtet worden, obgleich man ihn in der Gegend des Himmels, wo er sich nach Lexell's elliptischer Bahn befinden sollte, sorgfältig suchte.

Man kann sich leicht vorstellen, welche glückliche oder mißlungene Scherzworte und Spottreden der abhanden gekommene Komet auf jene beklagenswerthen Astronomen herabzog, die sich schon gerühmt hatten, nun endlich den Schlüssel zu den Bewegungen der Kometen gefunden zu haben. Es läßt sich in der That keineswegs abläugnen, daß in diesem geheimnißvollen Verschwinden eine wirkliche Frage zu lösen blieb, denn bei dem hellen Lichte, in dem sich der Komet von 1770 gezeigt hatte, ließ sich nicht annehmen, derselbe sei mehrmals unbeobachtet zurückgekehrt. Heutzutage ist dies Räthsel vollständig gelöst, und aus einer Prüfung, welche im ersten Augenblicke bestimmt schien, die Gesetze der allgemeinen Attraction erschüttern zu sollen, haben eben diese Gesetze eine neue, überzeugende Kraft gewonnen.

Warum hatte man den Kometen von 1770 nicht in Zwischen-

räumen von je fünf und einem halben Jahre beobachtet? Aus dem einfachen Grunde, daß damals seine Bahn von der später durchlaufenen durchaus verschieden war.

Und aus welchem Grunde hat man ihn seit 1770 nicht wiedergesehen? Weil der Durchgang durch die Sonnennähe im Jahre 1776 bei Tage stattfand, und weil die Gestalt der Bahn sich bis zur nächsten Wiederkehr, durch die Anziehung der Planeten, so sehr geändert hatte, daß man den Kometen, sogar wenn er von der Erde aus sichtbar gewesen wäre, nicht wiedererkannt hätte[14]).

Zu den im Kometenverzeichnisse angeführten Elementen des Lerell'schen Kometen, so wie Leverrier dieselben berechnet hat, ist noch hinzuzufügen:

Länge der halben großen Axe	3,1534
Excentricität	0,7868

Zwölftes Kapitel.

Von den innern Kometen.

Innere Kometen nennt man diejenigen, deren Apheldistanz, d. h. größte Entfernung von der Sonne, innerhalb der Neptunbahn liegt, der äußersten bekannten in unserm Sonnensysteme. Die innern Kometen, deren Periodicität gegenwärtig ganz zweifellos ist, sind die Kometen von Encke (Apheldistanz 4,09) von Faye (Apheldistanz 5,93) und von Biela oder Gambart (Apheldistanz 6,19); von jedem dieser drei Kometen sind wenigstens schon zwei Erscheinungen beobachtet worden. Zu diesen Kometen ist auch der Lerell'sche zu zählen (Apheldistanz 5,73), von dessen merkwürdigen Störungen schon im vorigen Kapitel die Rede gewesen ist. Endlich hat man auch Kometen, welche lange genug sichtbar gewesen sind, um unzweideutig erkennen zu lassen, daß keine parabolischen Elemente ihren Lauf vollständig darstellen können; für diese hat man mit hinreichender Sicherheit, nach früher auseinander gesetzten Principien (vergl. Kap. 5, S. 248), elliptische Bahnen bestimmt, welche die ganze Bewegung darstellen. Man hält diese Ko-

meten gleichfalls für periodische, obschon man sie seit ihrer ersten Erscheinung noch nicht wiedergesehen hat.

Unter den noch nicht wieder beobachteten Kometen, deren Apheldistanz geringer ist als die halbe große Axe der Neptunbahn, sind in erster Reihe zu nennen die Kometen von de Vico, Brorsen, d'Arrest und Peters.

Den mit No. 166 in unserm Verzeichnisse versehenen Kometen entdeckte Pater de Vico zu Rom am 22. Aug. 1844. Im September erblickte man ihn einige Tage lang mit bloßem Auge in der Helligkeit der Sterne sechster Größe; bei ziemlicher Vergrößerung zeigte sich der Kern kreirund und wohl bestimmt; in der von der Sonne abgewandten Richtung erblickte man einen kurzen, bläulich schimmernden Schweif. Aus Faye's, Brünnow's und Leverrier's Rechnungen ging hervor, daß sich die Beobachtungen nur in eine elliptische Bahn fügten, deren Elemente zur Vervollständigung der im Kometenverzeichnisse mitgetheilten Angaben folgende sind:

Halbe große Axe	3,1028
Apheldistanz	5,0192
Excentricität	0,6176

Dauer der Umlaufszeit 5,47 Jahre.

Die Wiederkehr, welche im Jahre 1850 stattfinden sollte, hat man nicht beobachtet; freilich war damals die Stellung des Kometen den Beobachtungen wenig günstig. Anders soll es bei dem Periheldurchgange sein, der im Sommer 1855 eintreten wird; Brünnow hat berechnet, daß der Komet seinen kleinsten Sonnenabstand am 6. August erreicht [15]). Unter den älteren Kometen hat sich keine ganz sichere Erscheinung dieses Himmelskörpers auffinden lassen; allenfalls könnten die nach Lahire's Beobachtungen berechneten Elemente des Kometen von 1678 (No. 48 des Verzeichnisses) mit denen des de Vico'schen übereinstimmen [16]).

Auf der Sternwarte zu Kiel in Holstein entdeckte Brorsen am 26. Februar 1846 einen teleskopischen Kometen (No. 173 unsers Verzeichnisses); dieser Komet stand in seiner größten Erdnähe am 27. März und blieb bis zum 22. April sichtbar. Er erschien fortwährend nur wie ein Nebelfleck, in welchem sich weder Kern noch

Schweif erkennen ließ. Brünnow, Goujon und Hind beschäftigten sich vorzüglich mit der Berechnung dieses Kometen, und fanden daß er eine Umlaufszeit von etwa fünf und einem halben Jahre besitzt. Hiernach sollte der Komet im Jahre 1851 in seine Sonnennähe zurückkommen, doch hat man ihn damals nicht wiedergesehen, und wird ihn nun im Jahre 1857 aufsuchen müssen [17]. Aus der Zahl der älteren Kometen kann man vielleicht die aus den Jahren 1532 und 1661 (No. 29 und 42 unsers Verzeichnisses) für identisch mit dem Brorsen'schen ansehen, weil die Bahnen beider einige Aehnlichkeit mit der dieses Kometen zeigen, besonders wenn man bedenkt, wie sehr in der langen Zwischenzeit die Störungen den Lauf des Kometen nothwendig haben abändern müssen. Zu den Elementen im Verzeichnisse treten hier noch folgende Stücke hinzu:

Halbe große Axe	3,198
Apheldistanz	5,643
Excentricität	0,793

Dauer der Umlaufszeit 2039 Tage oder 5,58 Jahre.

Am 27. Juni 1851 entdeckte d'Arrest in Leipzig einen kleinen teleskopischen Kometen (No. 191 des Verzeichnisses), der bis zum October sichtbar blieb. Derselbe Astronom fand nach kurzer Zeit, daß sich die Beobachtungen nicht in eine parabolische Bahn fügten, und daß nur eine Ellipse den Lauf dieses neuen Gestirnes darstellen konnte. Zu den Angaben in unserm Verzeichnisse ist für diesen Kometen noch hinzuzufügen:

Halbe große Axe	3,4618
Apheldistanz	5,7497
Excentricität	0,6609

Dauer der Umlaufszeit 2353 Tage oder 6,44 Jahre.

Die Elemente zeigen nicht einmal entfernte Aehnlichkeit mit denen irgend eines der früher beobachteten Kometen [18].

Am 26. Juni 1846 entdeckte Dr. Peters, damals zu Neapel, einen Kometen (No. 176 des Verzeichnisses), den er bis zum 21. Juli verfolgte. D'Arrest's Rechnungen ergaben [19], daß sich die Beobachtungen durch eine Ellipse darstellen ließen, welche in diesem Falle etwas länger gestreckt war, als die der vorhergehenden Kometen. Die große

Axe soll 6,32 betragen, und der Komet würde hiernach etwa nach einer Zwischenzeit von 16 Jahren zurückkommen[20]).

Ein im Februar 1743 zu Paris, Berlin und Wien beobachteter Komet (No. 65 des Verzeichnisses), der den Großen Bären und Löwen durchlief, scheint nach Clausen's Rechnungen gleichfalls zu den Kometen mit kurzer Umlaufszeit zu gehören: die Dauer derselben würde 5,436 Jahre betragen, und die Excentricität der Bahn 0,721. Man hat geglaubt, in diesem Kometen eine frühere Erscheinung desjenigen zu erblicken, den Blanpain am 28. November 1819 zu Marseille entdeckte (No. 155 in unserm Kometenverzeichnisse), und der in Mailand bis zum 25. Januar 1820 beobachtet wurde. Dieser letztere Komet soll, Encke's Rechnungen zufolge, eine Umlaufszeit von 4,810 Jahren haben, und seine Excentricität 0,687 betragen.

Am 8. April 1766 entdeckte Messier zu Paris einen Kometen (No. 83 des Verzeichnisses), den auch La Nur auf der Insel Bourbon beobachtete. Burckhardt hat gefunden, daß die Bahn dieses Kometen eine Ellipse sein muß, deren Excentricität 0,864 beträgt, mit einer Umlaufszeit von 5,025 Jahren. Clausen hält ihn möglicherweise für identisch mit dem am 12. Juni 1819 von Pons zu Marseille entdeckten Kometen (No. 134 des Verzeichnisses), den man bis zum 29. Juli verfolgen konnte. Diesem letzteren Kometen legte Encke eine Umlaufszeit von 5,618 Jahren bei, mit einer Excentricität 0,755. Zwischen diesen beiden beobachteten Erscheinungen hätte die Anziehung der Planeten die Bewegung dieses Kometen freilich sehr beträchtlich verändern müssen.

Endlich soll auch der am 19. November 1783 zu York von Pigott entdeckte Komet (No. 95 des Verzeichnisses), Burckhardt's Rechnungen zufolge, eine elliptische Bahn beschreiben, deren Excentricität 0,6 ist, während die Umlaufszeit etwa 5 Jahre betragen würde.

Lang fortgesetzte Beobachtungen jedes neuen Kometen, bei denen man die größte Genauigkeit anwendet, welche die heutigen Instrumente zulassen, können allein uns in den Stand setzen, die Frage nach der Identität der neuen Kometen, welche alljährlich auch in Zukunft das Kometenverzeichniß vergrößern werden, mit den früher beobachteten zu entscheiden. Dies wird den jüngeren Astronomen jederzeit Stoff zu interessanten Untersuchungen bieten.

Dreizehntes Kapitel.

Von den am hellen Tage sichtbaren Kometen.

Sehr selten sind Kometen am hellen Tage sichtbar; diejenigen Beispiele, welche zweifellos sind, will ich in diesem Kapitel aufzählen.

Nach Seneka [21]) war der Komet im Jahre 146 vor Chr. „so groß wie die Sonne; er erhellte die Nacht."

Letzterer Ausdruck ist ziemlich unbestimmt, und es bleibt ungewiß, welchen Glanz Seneka damit bezeichnen wollte.

Justinus berichtet, im Jahre 134 vor unserer Zeitrechnung, im Geburtsjahre des Mithridates, sei ein Komet siebzig Tage hindurch sichtbar gewesen [22]). „Der Himmel," heißt es bei diesem Geschichtschreiber, „schien ganz in Feuer; der Komet nahm den vierten Theil des Himmels ein; vier Stunden brauchte er um aufzugehen, und ebenso lange dauerte sein Untergang." Bemerkenswerth ist bei dieser Stelle, daß uns Justin mit einem Kometen erfreut, der die allergrößte Aehnlichkeit mit einem andern zeigt, welcher das Jahr der Thronbesteigung des Mithridates verherrlichte. Die chinesischen Annalen melden nur, daß im 43. Jahre des 43. Cyclus, dem Jahre 134 vor Chr. entsprechend, ein großer Komet erschienen sei, dessen Schweif bis zur Mitte des Himmels reichte, und der zwei Monate hindurch sichtbar blieb.

Dio Cassius erzählt, im Jahre 52 vor Chr. sei eine brennende Fackel von Süden nach Osten gezogen [23]).

Die Ausdrücke, deren er sich bedient: der Glanz übertraf das Licht der Sonne, brennende Fackel, sind an sich zwar unzweideutig, man muß dabei indessen bedenken, daß dergleichen Schätzungen unter dem Einflusse der Furcht stattfanden, indem damals die Meinung herrschte, die Kometen deuteten auf Unglück; in diesem Falle liegt die Vermuthung einiger Uebertreibung nahe. Was Diodorus Siculus berichtet (er lebte ums Jahr 45 vor unserer Zeitrechnung), scheint zuverlässig zu sein, denn dieser Schriftsteller erwähnt eines Versuchs, der die Lichtstärke des in Rede stehenden Kometen deutlich bezeichnet. Nach ihm besaß der Komet eine solche Helligkeit,

„daß er Schatten hervorrief etwa von der Schärfe wie das Mondlicht.“ Danach muß dieser Komet wenigstens zwei bis drei Mal heller gewesen sein, als Venus in ihrem größten Glanze [24]).

Das Jahr 43 vor unserer Zeitrechnung bietet uns einen Kometen, der bei Tage mit bloßem Auge wahrgenommen wurde. Es war derselbe, in welchen sich, wie man zu Rom meinte, die Seele Cäsar's verwandelt hatte, der kurz zuvor unter den Dolchen des Brutus, Cassius und Anderer gefallen war.

Im Jahre 400 nach Chr. erblickte man, wie sich die Geschichtschreiber Sokrates und Sozomenes ausdrücken, den schrecklichsten Kometen, der jemals vorher sichtbar gewesen. Er stand, fügen sie hinzu, über Constantinopel, und obgleich er hoch am Himmel war, reichte er dennoch bis zur Erde. An Gestalt glich er einem Säbel. Aus diesem Berichte ist klar, daß der Komet vom Jahre 400 einen langen Schweif besaß. Die Bezeichnung schrecklich muß viel von ihrem Werthe verlieren, sobald ich hinzufüge, daß der Komet vom Jahre 400 in den Augen der damals Lebenden ein Vorbote der Leiden war, mit denen die Treulosigkeit des Gainas Constantinopel bedrohte.

Ein im Jahre 1006 von Haly-Ben-Rodoan beobachteter Komet, in welchem man eine der früheren Erscheinungen des Halley'schen Kometen zu erkennen glaubt, verbreitete, dem Berichte nach, den vierten Theil von der Helligkeit des Vollmondes, und übertraf Venus drei Mal an Größe.

Wie gewisse Geschichtschreiber erzählen, sah man am 4. Februar 1106 einen Stern in nur anderthalb Fuß Entfernung von der Sonne. Man darf in diesem Falle annehmen, daß es sich um einen Kometen, nicht aber um Venus handelt, denn am 7. Februar zeigte sich im Westen ein glänzender Komet, dessen Schweif sich bis zu den Zwillingen erstreckte, und nach dem Ausdrucke der Chroniken einem Streifen Leinwand vergleichbar war.

Zwei äußerst merkwürdige Kometen bietet uns das Jahr 1402. Der erstere war von solcher Helligkeit, daß das Sonnenlicht gegen Ende März, selbst um die Mittagszeit nicht hinderte Kern und sogar Schweif zu erblicken, und zwar letzteren, um mich des Ausdrucks des Zeitgenossen zu bedienen, auf zwei Klafter Länge. Der andere Komet

erschien Ende Juni; man erkannte ihn schon lange vor Sonnenuntergang.

Im Volke herrschte die Meinung, dieser Komet deute auf das nahe Ende des Johann Galeas Visconti; und diesen Fürsten selbst, der in jungen Jahren sich das Horoskop hatte stellen lassen, erschreckte der Anblick des neuen Sternes in so hohem Grade, daß der Komet vielleicht in der That zum richtigen Eintreffen der Prophezeiung nicht wenig beitrug.

Ich verweile hier nicht bei der Schilderung, welche Ducos vom Kometen von 1402 gibt; denn in der That, was läßt sich aus dichterischen Ausdrücken folgern, wie die folgenden sind: „Der Komet ließ weder die Sterne ihren Glanz entfalten, noch gestattete er der Nacht, den Luftkreis zu verdunkeln.“

Cardani erzählt, daß im Jahre 1532 die Neugier der Mailänder lebhaft erregt wurde durch einen Kometen, den Jedermann am hellen Tage erblicken konnte. Zu der von ihm angegebenen Zeit, beim Tode Sforza des Zweiten, war Venus nicht in so günstiger Lage, um in Gegenwart der Sonne sichtbar zu sein; Cardani's Stern ist also nothwendig ein Komet gewesen.

Den schönen Kometen vom Jahre 1577 (No. 32 des Verzeichnisses) entdeckte Tycho-de-Brahe am 13. November von seiner Sternwarte aus, auf der Insel Hween im Sunde, noch vor Sonnenuntergang.

Wer selbst Beobachtungen anzustellen pflegt, wird leicht errathen, weshalb ich das Wort entdeckte hervorhob: ich that es, weil ein wesentlicher Unterschied besteht zwischen dem Wahrnehmen eines Gestirns, dessen Vorhandensein bekannt ist, und dem Entdecken eines solchen bei unbestimmtem Umherblicken am Himmel. Zur Entdeckung bedarf es unzweifelhaft einer größeren Helligkeit des Gestirns, als zur Beobachtung.

Der Pater Maximilian Marsilius gab Keppler die Versicherung, er habe den 24. November 1618, am hellen Tage, Kopf und Schweif des zweiten Kometen in jenem Jahre (No. 40 des Verzeichnisses) wahrgenommen [25]).

Doch ich eile zu einem neueren Kometen, für welchen uns eine besondere Schrift detaillirte Beobachtungen darbietet.

Am 1. Februar war der Komet vom Jahre 1744, derselbe welcher durch seine mehrfachen Schweife berühmt ist, nach Cheseaux' Urtheil lichtstärker als der hellste Stern am Himmel, also heller als Sirius.

Am 8. glich er dem Jupiter.

Einige Tage darauf stand er an Glanz nur der Venus nach.

Zu Anfang des nächsten Monats sah man ihn noch, nachdem die Sonne aufgegangen war. Wählte man eine passende Stellung, dergestalt daß man nicht vom Sonnenlichte geblendet wurde, so konnte man am 1. März, wie sich mehrere Personen überzeugten, den Kometen um 1 Uhr Nachmittags sogar ohne Fernrohr erkennen [26]).

Fügen wir zu den genannten noch den im Anfange des Jahres 1843 erschienenen Kometen (No. 164 des Verzeichnisses), der gerade um Mittag, weniger als 2 Grade von der Sonne entfernt sichtbar war, so erhalten wir im Ganzen nur acht Kometen, welche, genauen Angaben der Geschichtschreiber zufolge, bei Tage sichtbar gewesen sind, nämlich den Kometen vom Jahre 43 vor Chr., die beiden Kometen von 1402, und die von 1532, 1577, 1618, 1744 und 1843 [27]).

Vierzehntes Kapitel.

Ueber den großen Kometen vom Jahre 1843.

Der Komet, welcher im Märzmonat 1843 plötzlich erschien (No. 164 in unserm Verzeichnisse), erregte die öffentliche Aufmerksamkeit im höchsten Grade. Diese allgemeine Aufmerksamkeit und Neugier war in gewissem Sinne gerechtfertigt, denn das neue Gestirn zeichnete sich vor den meisten Kometen, deren Erinnerung die Schriften der Astronomen aufbewahrt haben, besonders aus durch den Glanz seines Kopfes, und noch mehr durch die Länge seines Schweifes. Mit dem Lichte dieses Kometen habe ich, wie im Vorhergehenden berichtet ist (15. Buch, Kap. 4, S. 178), das Zodiakallicht verglichen.

Ich habe es für unerläßlich gehalten, in diesem Kapitel eine

flüchtige Uebersicht zu geben von den Träumereien sowohl, als von den Berechnungen, zu denen der große Komet von 1843 Veranlassung geworden ist. Aus einer Art von Monographie dieses Kometen wird man entnehmen können, auf welche mannigfaltigen Punkte der Astronom seine Aufmerksamkeit zu richten hat, wenn ein neuer Komet urplötzlich erscheint.

In einer übersichtlichen Zusammenstellung werde ich zunächst die Tage des ersten Erscheinens dieses Kometen anführen, so wie mir dieselben von vielen Punkten der Erde aus mitgetheilt worden sind.

Parma, Bologna u. A., 28. Febr. — Der von Neugierigen, die ihn für ein Meteor hielten, zuerst im hellen Sonnenscheine bemerkte Komet stand um die Mittagszeit, einer Beobachtung des jüngeren Amici zufolge, 1°23′ östlich vom Mittelpunkte der Sonne. Amici bemerkt blos, der Stern sei nach Osten hin verwaschen oder vielmehr wie ein Rauch erschienen. Beobachter in Parma versicherten, man habe einen 4 bis 5 Grade langen Schweif gesehen, wenn man hinter eine die Sonne verdeckende Mauerecke trat.

Mexico (die Residenzstadt) 28. Febr. — Nach dem Diario del Gobierno sah man um 11 Uhr Morgens, nahe bei der Sonne, den Kometen mit bloßen Augen wie einen Stern erster Größe; der vorhandene Anfang eines Schweifes war nach Süden gerichtet.

Mexico, Minen von Guadelupe y Calvo, (Breite 26° 8′ Nord; Länge 106° 48′ von Greenwich) 28 Febr. — Dr. Bowring sah den Kometen von 9 Uhr Morgens bis zum Sonnenuntergange; um 4 Uhr 12 Minuten Abends betrug sein Abstand von der Sonne 3° 53′ 20″ Damals erschien der Schweif nur 34′ lang.

Portland (Nordamerika), 28. Febr. — Der Komet wurde von Hrn. Clarke am hellen Tage mit bloßem Auge gesehen, und stand östlich von der Sonne.

Copiapo (Chili), 1 März. — Dr. Darlu gibt an, der Komet sei am 1. März plötzlich erschienen, und der Schweif habe eine Winkelausdehnung von 30 Graden gehabt.

Unter dem Aequator, 4. März. — Capitän Wilken berichtet von der Beobachtung, die er am 4. März anstellte, und von einem 69 Grade langen, stark nach Süden gekrümmten Schweife.

Insel Cuba, 5. März. — Ducons, Capitän des Schiffes Guatimozin, bemerkte schon um 7 Uhr Abends, daß der Komet einen langen Schweif hatte. Aus andern anonymen Berichten erfährt man, daß der Komet zu Havana seit dem 2. März gesehen wurde,

und einen langen, einem farblosen Regenbogen vergleichbaren Schweif besaß.

Halbinsel Banks; Akaroa (auf Neu-Seeland), 8. März. — Schiffscapitän Bérard beobachtete den Kometen am 8. und 9. März.

Tête de Buch (in der Nähe von Bordeaux), 8. März. — Herr Dr. Lalesque bemerkte den Schweif des Kometen am 8. März.

Montpellier, 11. März. — Hr. Legrand erblickte den Kometen gegen 7^h 15^m Abends. Ihm erschien der Schweif sehr deutlich röthlich gefärbt, und diese Färbung bestand noch am 13. Am 14. keine Spur mehr davon: damals war der Schweif weiß.

Nizza, 12. März. — Hr. Cooper bemerkte im Kometenschweife keine Spur von der röthlichen Färbung, welche Legrand zu Marseille an demselben und am vorhergehenden Tage wahrnahm.

Bérias (Ardèche-Depart.) 14. März. — Der Bergwerksingenieur Malbos bemerkte den Kometen am 14. März, trotz des sehr hellen Mondlichtes.

Auxonne, 14. März. — Capitän Franc Aufrère nahm den Schweif wahr, als er am 14. März die Ronde machte.

Paris, Marseille, Genf, Tours, Rheims, Neufchatel (Schweiz), Brest u. s. w. 17. März. — An diesem Tage wurde der Schweif des Kometen in allen den genannten Städten gesehen. Zu Genf sah man am 17. auch den Kopf, ohne ihn jedoch beobachten zu können. Nach den pariser Beobachtungen konnte der Schweif am 17. nicht geringere Länge als 39 bis 40 Grade besitzen.

Paris, 18. März. — Man beobachtete den Kopf; bestimmte dessen Geradeaufsteigung und Abweichung. Die Länge des Schweifs beträgt 43 Grade; an keiner Stelle ist derselbe mehr als 1° 12′ breit.

Marseille, Genf und Wien, 18. März. — Man beobachtete den Kopf.

Berlin, 20. März. — Der Kopf wurde gesehen; man bestimmte seinen Ort am 20. März.

Die verschiedenen Fragen, zu denen vorstehende Tafel Veranlassung gibt, sollen jetzt erörtert werden.

Unzweifelhaft steht zunächst fest, daß der Komet von 1843 am hellen Tage und ganz nahe bei der Sonne, am 28. Februar sichtbar war, nur ist es sehr beklagenswerth, daß von allen Beobachtern, die den Kometen an jenem Tage sahen, keiner in der Lage war, den Ort mit Genauigkeit zu bestimmen. Ich weiß wohl daß von Leuten, die

in gänzlicher Unkenntniß sind über das, was auf den Sternwarten geschieht oder geschehen soll, Verwunderung darüber geäußert worden ist, daß eine hell leuchtende Erscheinung, die von Müßigen wahrgenommen wurde, den zahlreichen Astronomen entgehen konnte, die über die Erdoberfläche zerstreut sind. Dieser Vorwurf kann in keinem Falle die pariser Beobachter treffen, weder die eigentlichen Astronomen noch Andere, denn am 28. Februar 1843 war der Himmel den ganzen Tag hindurch bedeckt, und die Sonne blickte nicht ein einziges Mal hervor.

Beim Durchsehen der obigen Zusammenstellung kann es auffallen, daß im südlichen Frankreich der Schweif des Kometen schon am 8., 11., 14. wahrgenommen wurde, während man zu Paris diese Erscheinung erst am 17. März wahrnahm.

In der That haben sich einige Zeitungsschreiber auf diesen Umstand gestützt, um gegen die pariser Astronomen Anklagen zu erheben, welche in gleichem Grade Unwissenheit und Feindschaft verrathen. Alle diese leeren Phrasen werden durch wenige Zeilen aus unserm meteorologischen Beobachtungsregister auf Nichts zurückgeführt:

Am 8. März: bedeckter Himmel;
„ 9. „ ebenso;
„ 10. „ ebenso;
„ 11. „ stürmisches Wetter;
„ 12. „ bedeckt;
„ 13. „ dunstig, so daß man den Durchmesser eines Mondringes maß;
„ 14. „ bedeckter Himmel, Regen;
„ 15. „ bedeckt;
„ 16. „ schön; doch war der Mond um 6^h 59^m aufgegangen, und seine Helligkeit verdunkelte den Kometen.

Betrachtet man die Beobachtungen ohne weitere Untersuchung, indem man sich auf den bloßen Augenschein beschränkt und nur die Winkelgrößen zu Rathe zieht, so ergibt sich, daß der Schweif des Kometen von 1843 bei Weitem nicht der längste unter allen ist, von denen in astronomischen Werken berichtet wird. Zu Paris ist nämlich dieser Kometenschweif niemals länger als 43 Grade erschienen.

Unter dem Aequator hat Capitän Wilken gefunden [28]) .... 69°.

Nun hatte aber der Schweif des Kometen vom Jahre 1680 (No. 49 des Verzeichnisses), eine Länge von . . . . . . 90°.

Der Schweif des Kometen von 1769 (No. 84 des Verzeichnisses) hatte . . . . 97°.

Der Schweif des Kometen von 1618 (No. 40 des Verz.) 104°.

Was den Schweif des Kometen von 1843 so merkwürdig machte, war die geringe und fast durchaus gleiche Breite seines Schweifes. Von der Kopfgegend an bis zum andern Ende war dieser Schweif nahezu überall gleich breit, nämlich 1° 15′ am 18. und 19. März.

Gewöhnlich sind die Ränder der Kometenschweife heller als der mittlere Theil, und zwar ist der Unterschied häufig sehr merklich. Was den Schweif des Kometen von 1843 betrifft, so erschien er in seiner ganzen Ausdehnung gleichförmig weiß.

In den ersten Tagen der Sichtbarkeit dieses Kometen schien es, als wäre der Kern gänzlich vom Schweife abgetrennt; aber am 29. März war der Zusammenhang zwischen beiden Theilen hergestellt.

Ein Professor in Montpellier hat behauptet [29]), der Schweif des großen Kometen von 1843 sei am 11., 12. und 13. März unzweifelhaft etwas röthlich gewesen; aber dieser Bemerkung widerspricht die Angabe eines Astronomen, der zu derselben Zeit in Nizza beobachtete.

Am 1. März, als Hr. Darlu in Copiapo (Chili) zuerst den Kometen erblickte, hatte derselbe zwei gesonderte Schweife. Der Hauptschweif nahm in einiger Entfernung vom Kopfe rasch an Helligkeit ab; der andere Schweif dagegen, der nördlich von jenem lag, und mit ihm einen beträchtlichen Winkel bildete, bestand aus einem glänzenden Streifen, welcher überall dieselbe Breite hatte und bei starker Krümmung seine Concavität nach Norden wendete. Dabei war er doppelt so lang als der Hauptschweif. Bis auf eine gewisse Entfernung vom Kerne aus erstreckten sich beide Schweife vereinigt.

Der lange, bogenförmige Streif war am 4. März vollständig verschwunden, während er am 3. noch nach Gestalt, Größe und Glanz ebenso erschienen war, als drei Tage vorher. Durch dies fast plötzliche Verschwinden tritt noch eine neue Schwierigkeit zu denen hinzu, welche bisher die Aufstellung einer vollkommen genügenden Erklärung der Kometenschweife verhindert haben.

Mitunter ändern die Kometen in der kurzen Zwischenzeit von drei oder vier Tagen Aussehen und Glanz in sehr merklicher Weise; besonders stark ändern sich Nebelhülle und Schweif mit verändertem Abstande des Gestirns von der Sonne.

Aus diesem Grunde scheinen also die physikalischen Bedingungen der Größe und Helligkeit nicht zu bestimmten Merkmalen dienen zu können, um die Kometen in ihren verschiedenen Wiedererscheinungen daran zu erkennen. Hat sich indessen eines dieser Gestirne einmal durch große Helligkeit seines Kernes ausgezeichnet, oder durch eine außerordentlich große Nebelhülle oder Länge und Gestalt des Schweifes, so kann man, ohne freilich auf vollkommene Aehnlichkeit rechnen zu dürfen, immerhin vermuthen, daß der Kern während einer gewissen Anzahl von Erscheinungen hell bleiben mußte, sowie die Nebelhülle weit ausgedehnt und der Schweif entwickelt. Von diesem Gesichtspunkte aus kann uns die Geschichte der Kometen zwar nicht zu ganz zuverlässigen Folgerungen führen, doch aber wenigstens nützliche Fingerzeige und einige schwache Wahrscheinlichkeiten bieten, besonders wenn man zugleich die Umlaufszeiten vergleichend in Betracht zieht. Dies ist nun der Gesichtspunkt, den man festhalten muß, um eine Mittheilung des Hrn. Cooper, eines englischen Astronomen, datirt von Nizza den 20. März, 1843 richtig zu würdigen.

Cooper vermuthete, der Märzkomet des Jahres 1843 wäre eine Wiedererscheinung des von J. D. Cassini im Jahre 1668 beobachteten Kometen (No. 45 des Verzeichnisses).

Cassini selbst hatte schon einen leuchtenden Streifen, den Maraldi am 2. März 1702 zu Rom beobachtete, für identisch mit dem Kometen von 1668 erklärt, und ebenso diejenige Erscheinung, welche nach Aristoteles zu der Zeit erschien, wo Aristeus Archont zu Athen war, d. h. um das Jahr 370 vor Beginn unserer Zeitrechnung. Durch die Annahme dieser Identität ergaben sich als Umlaufszeit Perioden von 34 bis 35¼ Jahren.

Lassen wir indessen die Conjecturen bei Seite, um uns zu den Rechnungen über diesen Kometen zu wenden:

Die Kometen beschreiben elliptische Bahnen. Selten sieht man sie von der Erde aus zu andern Zeiten, als wenn sie sich nahe bei den

Scheiteln dieser krummen Linien befinden, d. h. nahe bei den der Sonne zunächst liegenden Punkten, den sogenannten Perihelen. Im Allgemeinen sind die Kometenellipsen sehr langgestreckt, und daraus folgt, daß der elliptische Bogen, welchen ein Komet während der ganzen Dauer seiner Erscheinung durchläuft, nicht merklich unterschieden ist von dem entsprechenden Bogen einer andern Ellipse, welche denselben Brennpunkt und denselben Scheitel wie die vorige hat, deren große Axe indessen unendlich ist. Eine solche Ellipse mit unendlich großer Axe nennt man bekanntlich eine Parabel. Da nun die Beobachtungen es in der Regel nicht gestatten, gleichviel welchen Grad von Genauigkeit man darin erreichen kann, zwischen dem Vorhandensein einer sehr großen und einer unendlich großen Axe zu entscheiden, so führt man die Rechnung unter Annahme einer unendlich großen Axe, d. h. in der Voraussetzung, daß der Komet eine wirkliche Parabel um die Sonne beschreibt.

Um nun Gestalt und Lage der von einem Kometen im Raume beschriebenen Parabel vollständig zu bestimmen, sind drei Oerter des Gestirns erforderlich; zwei reichen zu diesem Zwecke nicht aus. Besitzt man deshalb nur zwei Beobachtungen, so bleibt die Bahn ebenso unbestimmt, als Mittelpunkt, Halbmesser und Lage eines Kreises, wenn nur zwei Punkte gegeben sind, durch welche dieser Kreis hindurchgehen soll.

Trotz des größten Eifers war man zu Paris am 27. März 1843 erst im Besitze von zwei Beobachtungen; aber Plantamour, der Director der genfer Sternwarte, hatte von besserem Wetter begünstigt, schon bis zum 21. März drei Beobachtungen erhalten, und führte die erste Berechnung des Kometen aus. Seine Resultate wurden der Akademie in der Sitzung vom 27. mitgetheilt. Der kleinste Abstand wurde durch den Bruch 0,0045 angegeben, wobei der mittlere Halbmesser der Erdbahn als Einheit dient. Nun ist aber der Sonnenhalbmesser gleich 0,0046, und es schien somit, als habe der Komet in den Leuchtstoff eintauchen müssen, welcher den wahrnehmbaren Umfang der Sonne bildet, d. h. die sogenannte Photosphäre der Sonne[30]).

Dieses überraschende Resultat hat sich indessen nicht bestätigt. Gleich bei ihren ersten Rechnungen fanden zwei Astronomen der pariser

Sternwarte, die Herren Laugier und Victor Mauvais, für den Perihelabstand des neuen Kometen den Bruch 0,0055, der schon größer ist als 0,0046, womit jede Möglichkeit eines angeblichen Eintauchens verschwunden war. Nichtsdestoweniger bleibt der Märzkomet des Jahres 1843 unter allen bekannten Gestirnen dasjenige, welches in die größte Nähe bei der Sonne gekommen ist. Nachfolgende Tafel wird, glaube ich, von Interesse für den Leser sein; sie enthält die Kometen geordnet nach der Größe ihres Sonnenabstandes im Perihel:

Jahr der Erscheinung.	No. im Verzeichniß.	Perihel-Abstand ausgedrückt in Tausenden von geogr. Meilen.
1843	164	95 Tausend Meilen.
1680	49	114 " "
1689	53	380 " "
1826	149	513 " "
1847	179	798 " "
1816	130	912 " "
1593	37	1710 " "
1821	136	1710 " "
1780	91	1900 " "
1665	44	2090 " "
1769	84	2280 " "
1830	154	2394 " "
1827	152	2622 " "
1851	193	2675 " "
1577	32	3420 " "
1758	76	3990 " "

Aus dieser Tafel ersieht man, daß der Mittelpunkt des Kometen von 1843, zur Zeit seines Periheldurchganges, am 27. Februar nur 16 Tausend Meilen von der Oberfläche der Sonne entfernt war. Von Oberfläche zu Oberfläche gerechnet, waren beide Gestirne höchstens 6 tausend Meilen von einander entfernt.

Im Laufe eines einzigen Tages änderte sich die Entfernung des Mittelpunktes des Kometen vom Sonnenmittelpunkte im Verhältniß von 1 zu 10.

Sobald die parabolischen Elemente des neuen Gestirnes einmal

bekannt waren, war es ohne Schwierigkeit möglich, manche durch die Beobachtungen nur in Winkelgrößen erhaltenen Angaben sofort in Meilen zu verwandeln.

So betrug z. B. der Halbmesser vom Kopfe des Kometen (der sogenannten Nebelhülle) am 28. März etwa $9^1/_2$ tausend Meilen.

An demselben Tage war die Schweiflänge 30 Millionen Meilen;

Dieselbe überstieg niemals . . . . $20^1/_2$ „ „

Beim Kometen von 1769 (No. 84 unsers Verzeichnisses) hatte sie betragen . . . . 8 „ „

Die vielfachen Schweife des Kometen von 1744 (No. 70 d. Verz.) waren etwas länger als $6^1/_2$ „ „

Dagegen betrug die Breite jenes außerordentlichen Schweifes beim Kometen von 1843 nahezu 660 tausend Meilen.

Von der ungemeinen Größe dieser Dimensionen nach allen Richtungen hin hatte man Veranlassung genommen nachzusehen, ob nicht die Erde durch den Schweif des Kometen von 1843 hindurchgegangen wäre; indessen fanden die Herren Laugier und Mauvais durch Rechnung, daß ein derartiges Zusammentreffen nicht hatte stattfinden können.

Unter der Annahme, daß der Schweif des Kometen am 27. Februar dieselbe Länge besaß, als am 18. März, erstreckte sich derselbe allerdings beträchtlich über diejenige Entfernung hinaus, in welcher die Erde sich um die Sonne bewegt, aber er lag keineswegs in der Ebene der Ekliptik, und da er nicht breit genug war, um die Folge der Abweichung von der Ekliptik aufzuheben, so lag er gänzlich außerhalb des Erdkörpers.

Gestützt auf ihre Rechnungen konnten nun Laugier und Mauvais untersuchen, ob man zu den Vermuthungen berechtigt war, welche man in Betreff der Identität des Kometen von 1668 (No. 45 des Verzeichnisses), von 1702 (No. 58 im Verzeichnisse) und von 1843 erhoben hatte, indem man sich auf Aehnlichkeit in Ansehen und Glanz berief.

Schon oben habe ich Veranlassung gehabt zu erläutern, wie sehr Aehnlichkeit in der äußern Erscheinung der Kometen in Irrthum führen kann; von ganz anderer überzeugender Kraft ist dagegen die Aehnlichkeit der Laufbahnen.

Nun ist es ganz unmöglich, die Kometen von 1702 und 1843 in ihren Laufbahnen übereinstimmend zu finden.

Indem Laugier und Mauvais ihre Rechnung bis in jene alte Zeit zurückführten, untersuchten sie ferner, wie in der Voraussetzung der Identität die alten Positionen des Kometen vom Jahre 1668 durch die Bahn von 1843 dargestellt werden. Nach allseitiger Ueberlegung gelangten sie zu dem Resultate, daß diese beiden Kometen wahrscheinlicher Weise ein und dasselbe Gestirn ausmachen. Auch Petersen ist durch seine Untersuchungen zu demselben Ergebniß gekommen. In der That zeigt schon die Vergleichung der Elemente der Nummern 45 und 164 unsers Verzeichnisses, daß die durchlaufenen Bahnen in beiden Kometenerscheinungen die größte Aehnlichkeit besessen haben.

Späterhin hat Clausen gefunden, daß die Angaben, welche Pingré über den Lauf des Kometen von 1689 gemacht hat (No. 53 des Verzeichnisses), beträchtlich fehlerhaft sind. Nach angebrachter Berichtigung hat sich Clausen für berechtigt gehalten, den Kometen von 1689 als eine frühere Erscheinung des Kometen vom Jahre 1843 zu betrachten. Hiernach würde die Umlaufszeit nur 21 Jahre und 10 Monate betragen.

Andrerseits indessen hat die elliptische Bahn, welche Prof. Hubbard aus der Gesammtheit der Beobachtungen für den Kometen von 1843 berechnet hat, eine Excentricität von 0,99989; hiernach würde die halbe große Axe 54 mal die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne übertreffen, und die ganze Bahn könnte erst in etwa 376 Jahren durchlaufen werden. Aus diesem Grunde ist die Vereinigung der Kometen von 1843 und 1689 zu einem einzigen Gestirne, welche Clausen vertheidigt hat, unannehmbar, und ebenso bleiben auch Zweifel zurück über die wirkliche Identität der beiden Kometen von 1668 und 1843 [31].

Funfzehntes Kapitel.

Ueber die Möglichkeit, Kometenerscheinungen vorher zu bestimmen.

Bei Gelegenheit des glänzenden Kometen von 1843 hat man gegen die heutigen Astronomen Vorwürfe erhoben, welche ich nicht anders als seltsam nennen kann. Sicherlich waren die Erfinder und die Verbreiter jener Vorwürfe nicht im Besitze der elementarsten Kenntnisse von der Astronomie; ja ich füge noch hinzu, daß man schon ohne Weiteres, nur mit Hülfe des gesunden Verstandes einsehen kann, wie unbegründet und leichtsinnig jener Tadel gewesen.

Ganz unerwartet erschien der Komet; kein einziger Astronom hatte sein Erscheinen vorhergesehen. Von zwei Dingen, schloß man daraus, ist nur eines möglich: entweder ist die Wissenschaft nicht so weit fortgeschritten, wie man angibt, oder die Astronomen sind der Nachlässigkeit und Sorglosigkeit zu beschuldigen. Prüfen wir beide Vorwürfe der Reihe nach. Die Erörterung, welche ich hier anstelle, wird für alle ähnlichen Fälle gelten können, welche noch auf geraume Zeit hin eintreten werden.

Daß durchaus Niemand die Erscheinung des Kometen von 1843 vorausgesehen hatte, ist eine so unbestreitbare Thatsache, daß ich mich sogar wundere, wie man sie als etwas Merkwürdiges anführen kann. Gegenwärtig zählen die astronomischen Verzeichnisse 226 Erscheinungen von Kometen auf, welche regelmäßig beobachtet worden sind; von dieser Zahl trafen 210 unerwartet ein, ohne daß durch irgend eine Rechnung weder die Zeit der Erscheinung dieser Kometen, noch die Oerter, welche dieselben am Himmel einnehmen sollten, vorherbestimmt waren. Der Komet von 1843 bildet mithin keineswegs eine Ausnahme von der gewöhnlichen Regel, und als sich die Astronomen der Mitte des 19. Jahrhunderts durch den langgeschweiften Märzkometen von 1843 überraschen ließen, zeigten sie sich dadurch nicht ungeübter oder weniger geschickt, als es gewesen waren Lacaille im Jahre 1744, Bradley im Jahre 1757, Maskelyne 1769, Wargentin 1771, Herschel 1795, Piazzi 1807, Olbers, Delambre, Gauß, Oriani u. A. im Jahre 1811 u. s. w.

Gewisse Literaten scheinen nicht zu begreifen, daß, wenn sie in ihren äußersten Anstrengungen, den einen oder den andern unter den jetzt lebenden französischen Astronomen herabzusetzen, Erfolg haben, sie alsogleich in demselben ungünstigen Lichte die gefeiertsten Gelehrten des 18. Jahrhunderts erscheinen lassen. Und verdient es nicht auch wenigstens Erwähnung, daß auch die berühmten Vorsteher der Sternwarten zu Berlin, Greenwich, Pulkowa, Königsberg u. s. w., ich meine daß auch Encke, Airy, Struve, Bessel u. A. den Kometen von 1843 nicht vorhergesagt haben, während es doch Niemand gibt, der sich nicht hochgeehrt fühlen müßte, unter solchen Männern genannt zu werden. Doch ich ziehe es vor, alle diese Nebenbetrachtungen bei Seite zu lassen; ich werde mich vielmehr an das Wesen dieser Frage halten, und mich glücklich schätzen wenn es mir gelingt, einen seltsamen Irrthum, der so weit verbreitet ist, zu berichtigen.

Mit bewundernswerther Genauigkeit bestimmen die Astronomen voraus die Verfinsterungen der Sonne, sowie Bedeckungen der Firsterne und Planeten durch den Mond; ist nun wohl die Forderung übermäßig, wenn man die Astronomen ersucht, wenigstens auf das Erscheinen der Kometen vorher aufmerksam zu machen?

So lauten die hauptsächlichsten Fragen, welche in mehr oder weniger spöttischer Weise den Astronomen entgegengehalten werden, sobald ein neuer Komet am Himmel erscheint. Aber nur wenige und kurze Bemerkungen reichen hin nachzuweisen, daß diese Bedenken und Fragen unter einem halbwissenschaftlichen Scheine nur einen ganz groben Sophismus verbergen.

Die Astronomen sind im Stande gewesen, auf Grund einer etwa 2000 Jahre umfassenden, ununterbrochenen Beobachtungsreihe, die mit Anwendung der feinsten und gelehrtesten Theorie bearbeitet worden ist, mit großer Genauigkeit Gestalt und Lage derjenigen Bahnen zu bestimmen, welche die Sonne, der Mond und die Planeten durchlaufen; ebenso genau wissen sie die Störungen zu berechnen, welche von der gegenseitigen Anziehung aller dieser Gestirne herrühren, und haben Tafeln entworfen, aus denen man für irgend welche gegebene Zeit ein treues Bild des gestirnten Himmels entnehmen kann. Aber die Wissenschaft würde diese bewundernswerthen Fortschritte erst noch erwarten

müssen, ständen ihr nicht die vergangenen Jahrhunderte zur Seite, und wären nicht alle die Gestirne, welche in den Kreis dieser Betrachtungen gehören, fortwährend sichtbar gewesen, so daß sie in allen Lagen, die sie untereinander einnehmen, beobachtet werden konnten.

Die Kometen dagegen lassen sich von der Erde aus im Allgemeinen nur einige Tage hindurch beobachten, in einem sehr kleinen Theile ihrer Laufbahn. Verlangen daß die Kometenastronomie gleichen Schritt halte mit der Astronomie der Planeten, heißt nichts Anders als verlangen, daß die Arbeit einer oder zweier Wochen vergleichbar sei mit der von zwanzig aufeinanderfolgenden Jahrhunderten, und das heißt wirklich Unmögliches fordern.

Doch noch mehr: die große Mehrzahl der Kometen, deren Entdeckung man dem unermüdlichen Eifer der neueren Astronomen verdankt, waren im Laufe der historischen Zeit noch niemals erschienen, oder sie waren wenigstens noch niemals beobachtet worden. Diese Thatsache wird vollkommen einleuchtend, sobald man die berechneten parabolischen Bahnen untereinander vergleicht.

Nun frage ich, ob man vernünftiger Weise berechtigt ist zu hoffen, es werde einst gelingen vorherzubestimmen, wann in unsern Gesichtskreis Kometen eintreten, welche Jahrhunderte lang in den allerfernsten Regionen des Raumes wie verloren waren; Kometen, welche Niemand jemals beobachtet hat, und deren Einwirkung auf die Himmelskörper unsers Sonnensystems geringer ist als jede wahrnehmbare Größe, und zwar sowohl weil die dunstförmige Masse, aus denen die Kometen bestehen, außerordentlich wenig dicht ist, als zugleich weil ihre Entfernung so staunenerregend groß? Von dem Dasein eines Gestirns kann aber der Mensch nur dann Kunde haben, wenn dasselbe entweder sichtbar wird oder wahrnehmbare Einwirkungen übt, und ein Stern, den man niemals gesehen hat, und der keine wahrnehmbare Ortsveränderung hervorgerufen hat, ist für uns als bestände er gar nicht. Es wäre Sache der Zauberei, nicht aber der wahren Wissenschaft, die Ankunft eines ganz unbekannten Kometen vorherzusagen. Hat doch selbst die Astrologie, in der Zeit ihrer höchsten Blüthe, ihre Anmaßungen nicht bis zu einem solchen Punkte gesteigert.

Aber, wird man vielleicht einwenden, der Märzkomet von 1843

befand sich ja nicht unter den soeben besprochenen Verhältnissen, insofern er schon im Jahre 1668 beobachtet worden war.

Ich will nun zugeben, wenn man es wünscht, daß der Komet von 1843 bereits im Jahre 1668 gesehen worden war, aber weitergehende Zugeständnisse kann ich nicht machen. Einen Kometen sehen und ihn beobachten sind zwei durchaus verschiedene Dinge. Durch die eigentlichen Beobachtungen allein werden Gestalt und Lage der Laufbahn bestimmt, und nun gibt es, wie wir schon sahen, nur ein einziges Mittel, einen Kometen in verschiedenen Wiedererscheinungen wirklich wiederzuerkennen, nämlich die vollständige Aehnlichkeit der Bahnen. Wer sich darauf beschränkt den Himmel zu betrachten, leistet der Astronomie nicht größere Dienste, als wenn er blind wäre.

Sechszehntes Kapitel.

Von den mit bloßen Augen sichtbaren Kometen.

Erst zu Anfang des 17. Jahrhunderts fing man an den Himmel mit Teleskopen und Fernröhren zu durchforschen; alle früher gesehenen Kometen hat man mit bloßen Augen wahrgenommen. Nach dem allgemeinen Verzeichnisse aller in der Geschichte der Astronomie erwähnten Kometen (4. Kap., S. 245) hat man in Europa und China zusammen, während der 14 ersten Jahrhunderte unserer Zeitrechnung, mit bloßen Augen 407 Kometen wahrgenommen, und somit durchschnittlich 29 in jedem Jahrhundert.

Innerhalb der Jahre 1500 und 1853 hat man in Europa 55 Kometen mit unbewaffnetem Auge gesehen; theilt man dieselben nach Perioden von je 50 Jahren, so entsteht die nachfolgende Uebersicht:

Von 1500 bis 1550.

1500. Die große Lanze (asta), ein hellglänzender Komet, der im Mai erschien, und welchen das Volk in Italien den Signor Astone nannte. Sein Andenken ist verknüpft mit den Entdeckungsfahrten nach Afrika und Brasilien. Es ist dies, nach Alexander von Humboldt, der Unheil verkündende Komet, dem man jenen Sturm zuschrieb, in welchem der berühmte portugiesische Seefahrer Bartholomäus

Diaz umkam, als er sich mit Cabral auf der Ueberfahrt befand von Brasilien nach dem Kap der guten Hoffnung.

1505. Großer Komet, der nur kurze Zeit sichtbar war, und den man für den Vorboten hielt vom Tode Philipp des Ersten von Spanien.

1506. Die Bahn dieses Kometen ist von Laugier nach chinesischen Beobachtungen berechnet worden (No. 28 unsers Verzeichnisses).

1512. Komet von kurzer Sichtbarkeit.

1514. Komet, der von Ende December 1513 bis zum 20. Februar 1514 in den Zeichen des Krebses bis zur Jungfrau sichtbar gewesen.

1516. Ein wenige Tage sichtbarer Komet, welcher als Vorbedeutung galt für den Tod König Ferdinand des Katholischen von Aragonien.

1518. Ein Komet, der mehrere Tage über der Citadelle von Cremona stand.

1521. Komet mit kurzem Barte, der im April an der Gränze des Krebses erschien.

1522. Komet, von dem nur äußerst unbestimmte Nachrichten erhalten sind.

1530. Komet gesehen im Haag, angeblich in der Nacht, in welcher Margaretha, Tochter des Kaisers Maximilian starb (am 30. Nov. 1530).

1531. Erscheinung des Halley'schen Kometen, beobachtet von Peter Apian zu Ingolstadt.

1532. Diesen Kometen, den Halley und Olbers nach Apian's Beobachtungen berechnet haben (No. 29 unsers Verzeichnisses), hält man für eine erste Erscheinung des von Hevel im Jahre 1661 beobachteten Kometen (No. 42 des Verzeichnisses).

1533. Von Apian rühren die Beobachtungen dieses Kometen her; doch haben die Rechnungen von Olbers und Douwes zu so verschiedenen Bahnen geführt, daß man die eigentliche Laufbahn dieses Kometen nicht als genau bekannt ansehen kann.

Diese erste Hälfte des 16. Jahrhunderts ergibt, wie man sieht, 13 mit bloßen Augen wahrgenommene Kometen, von denen drei berechnet werden konnten.

Von 1550 bis 1600.

1556. Ein von Fabricius beobachteter Komet (No. 30 des Verzeichnisses), in welchem man eine zweite Erscheinung des schönen Kometen von 1264 (No. 17 im Verzeichniß) zu erkennen glaubt.

1558. Komet, den der Landgraf von Hessen und Cornelius Gemma beobachtet haben (No. 31 des Verzeichnisses).

1569. Komet, dessen Erscheinung durch eine Inschrift auf den Mauern der Kirche zu Kronstadt in Siebenbürgen nachgewiesen ist.

1577. Ein von Tycho beobachteter Komet (No. 32 des Verz.).

1580. Komet beobachtet von Moestlin und Tycho (No. 33 im Verz.).

1582. Komet von Tycho beobachtet (No. 34 im Verz.).
1585. Komet von Tycho und Rothmann beobachtet (No. 35 im Verz.).
1590. Komet von Tycho beobachtet (No. 36 im Verz.).
1593. Komet, beobachtet von Ripensis in Zerbst (No. 37 im Verz.).
1596. Komet, den Möstlin und Tycho beobachtet haben (No. 38 im Ver.).

In der zweiten Hälfte des 16. Jahrhunderts erschienen also 10 mit unbewaffnetem Auge sichtbare und sicher nachgewiesene Kometen; 9 davon sind berechnet worden.

Von 1600 bis 1650.

Nur zwei mit bloßen Augen sichtbare Kometen bietet die erste Hälfte des 17. Jahrhunderts, nämlich:

1607. Vierte, sicher nachgewiesene Erscheinung des Halley'schen Kometen.
1618. Sehr merkwürdiger Komet (No. 40 im Verzeichnisse), beobachtet von Keppler zu Linz, Longomontan zu Kopenhagen, Gassendi zu Aachen u. s. w. Seine Bahn ist von Halley und in neuerer Zeit von Bessel berechnet worden.

Von 1650 bis 1700.

Reicher an glänzenden Kometenerscheinungen ist die zweite Hälfte des 17. Jahrhunderts gewesen; es sind die folgenden zehn:

1652. Blasser und bleifarbener Komet, der an Größe, nach Hevel's Angabe, fast dem Monde gleich kam; außerdem ist er beobachtet worden von Gassendi zu Digne, Bullialdus zu Paris, Cassini zu Bologna u. s. w.; berechnet hat ihn Halley (No. 41 im Verzeichniß), nach Hevel's zahlreichen Beobachtungen.
1664. Komet beobachtet von Huyghens, Hevel, Bullialdus, Auzout, Cassini u. A., und von Halley berechnet (No. 43 im Verz.); er blieb sichtbar vom December 1664 bis zum März 1665.
1665. Ein im März und April von Hevel, Auzout und Petit beobachteter Komet; berechnet von Halley (No. 44 des Verzeichnisses).
1668. Komet (No. 45 des Verzeichn.), den man für identisch mit dem im Jahre 1843 erschienenen Kometen gehalten hat (vergl. 14. Kap. S. 292).
1672. Von den Jesuiten zu La Flèche entdeckter Komet; beobachtet haben ihn Cassini und Hevel, berechnet Halley (No. 46 des Verzeichn.).
1680. Berühmter Komet (No. 49 des Verzeichn.), beobachtet von Hevel, Flamsteed, Picard, Cassini u. A.; mit seiner Berechnung haben sich die angesehensten Mathematiker Newton, Euler, Halley u. A. beschäftigt.

1682. Fünfte Erscheinung des Halley'schen Kometen.

1686. Ein im August in Brasilien beobachteter Komet, der im September im südlichen Frankreich wahrgenommen wurde. Sein Kern hatte die Helligkeit der Sterne erster Größe; berechnet hat ihn Halley (No. 52 im Verzeichniß).

1689. Dieser Komet war in Europa unsichtbar; Beobachtungen desselben haben angestellt die Jesuiten Richaud zu Pondichery, Beza in Malacca u. s. w.; während die Bahnbestimmung von Pingré herrührt (No 45 des Verzeichnisses).

1695. Ein nur in den Südländern beobachteter Komet, den Burckhardt berechnet hat (No. 45 im Verzeichnisse) nach handschriftlichen Beobachtungen, welche im Marinedepot zu Paris aufbewahrt werden.

Von 1700 bis 1750.

In diesem halben Jahrhunderte sind nur vier Kometen mit bloßem Auge gesehen worden.

1702. Ein Komet, den man im April und Mai zu Paris, Berlin und Rom beobachtete, und den Burckhardt berechnet hat (No. 58 des Verzeichnisses).

1744. Der prächtigste Komet im ganzen 18. Jahrhundert (No. 70 des Verz.), von Klinkenberg zu Harlem am 9. December 1743 entdeckt, und bis Ausgang März 1744 beobachtet.

1748. In diesem Jahre waren zwei schöne Kometen sichtbar. Der erste (No. 73 des Verz.), den man im Norden entdeckte, wurde zu Paris von Maraldi, zu Greenwich von Bradley beobachtet; seine Bahn hat Lemonnier berechnet.

1748. Zu derselben Zeit, wo der erste Komet im Norden sichtbar war, erblickte man den zweiten dieses Jahres im Westen; man besitzt indessen nur die drei Beobachtungen, welche Klinkenberg zu Harlem angestellt hat, und aus welchen Bessel die Bahn bestimmt hat (No. 74 im Verzeichnisse).

Von 1750 bis 1800.

Nur die vier nachfolgend aufgeführten Kometen konnten mit bloßem Auge wahrgenommen werden.

1759. Sechste Wiederkehr des Halley'schen Kometen, die erste vorherbestimmte und richtig eingetroffene Erscheinung dieses Kometen.

1766. Ein durch die elliptische Gestalt seiner Bahn merkwürdiger Komet (No. 83 des Verzeichnisses); Messier in Paris sah ihn nur vom 8. bis zum 12. April; Helzenfrieder zu Dillingen und la Nux auf

der Insel Bourbon haben indessen zu den Messier'schen Beobachtungen noch andere hinzugefügt, und es gelang Burckhardt, daraus die elliptische Bahn herzuleiten (12. Kap. S. 276).

1769. Großer, von Messier entdeckter Komet (No. 84 im Verz.), der überall, wo es Astronomen gab, beobachtet wurde, und den die seltsamen Erscheinungen, welche der Schweif darbot, sehr merkwürdig machten.

1781. Ein von Méchain zu Paris entdeckter und berechneter Komet (No. 94 des Verzeichnisses); er kam der Erde sehr nahe.

Von 1800 bis 1853.

Seit Anfang des 19. Jahrhunderts sind zwölf Kometen dem unbewaffneten Auge sichtbar geworden.

1807. Großer Komet (No. 120 des Verz.), zuerst wahrgenommen von einem Mönch in Italien, am 9. September, und acht Tage später beobachtet von dem unermüdlichen Pons in Marseille. Dieser Komet war leicht mit unbewaffnetem Auge zu erkennen. Seine Beschaffenheit hat William Herschel mit Hülfe des großen Spiegelteleskops untersucht. Man beobachtete denselben bis zum 27. März 1808; die Bahnbestimmung rührt von Bessel her.

1811. Dies war der berühmteste Komet dieses Jahrhunderts (No. 124 des Verzeichnisses). Teleskopisch entdeckt am 26. März 1811 von Flaugergues zu Viviers, sah ihn Wisniewsky in Neu-Tscherkask im südlichen Rußland, noch am 17. August 1812. Mit diesem Kometen haben sich sämmtliche Astronomen beschäftigt; am meisten Zutrauen verdient diejenige Bahn, welche Argelander zuletzt gegeben hat.

1812. Ein Komet (No. 126 des Verz.), den Pons im Sternbilde des Luchs am 20. Juli entdeckte; er blieb nur bis Ende desselben Monats sichtbar.

1819. Großer Komet (No. 133 des Verzeichnisses), der in verschiedenen europäischen Ländern am 1. und 2. Juli entdeckt wurde; die Bahn hat Bouvard berechnet; er blieb sichtbar bis zum 20. October.

1823. Ein schöner Komet, der gegen Ende December an mehreren Orten in Europa aufgefunden wurde, und der bis Ende März 1824 sichtbar war; die Bahn desselben hat Encke bestimmt (No. 140 des Verzeichnisses).

1830. Komet (No. 153 des Verz.), der in der südlichen Halbkugel am 27. März zuerst gesehen wurde; Gambart beobachtete ihn vom 20. April an, worauf der Komet in Europa bis zum 17. August sichtbar blieb.

1835. Die siebente von den geschichtlich bekannten Erscheinungen des Halley'schen Kometen.

1843. Großer Komet (No. 164 des Verz.); Betrachtungen über diesen Himmelskörper war das 14. Kapitel des gegenwärtigen Buches gewidmet (S. 283 u. f.).

1845. Komet, entdeckt von Colla in Parma am 2. Juni (No. 171 des Verz.); man erkannte einen Schweif von etwa $2^{1}/_{2}{}^{0}$ Länge, den ein dunkler Zwischenraum in zwei Theile zu scheiden schien.

1847. Komet, entdeckt am 1. October zu Nantucket in den Vereinigten Staaten von Miß Maria Mitchel (No. 184 unsers Verzeichnisses); er wurde gleichfalls entdeckt am 3. October von Pater de Vico zu Rom, am 7. von Dawes zu Cantrook in England, und am 11. von Mad. Rümker zu Hamburg. Wichmann in Königsberg beobachtete ihn noch am 3. Januar 1848. Er erschien dem bloßen Auge wie ein Nebelfleck; im Fernrohre war nichts von einem Kerne wahrzunehmen, doch sah man einen kurzen Schweif.

1850. Ein zu Altona von Petersen am 1. Mai entdeckter Komet (No. 189 des Verz.); im Juli war er gut mit bloßen Augen zu sehen; sein Kern war glänzend, auch bemerkte man einen mehrere Grade langen Schweif.

1853. Komet (No. 197 des Verz.), entdeckt zu Göttingen am 10. Juni von Klinkerfues; zu Paris sah man ihn den 19. August am nördlichen Himmel.

Mit Recht bemerkt mein hochgefeierter Freund Alexander von Humboldt, die an hellen und mit bloßen Augen wahrnehmbaren Kometen reichste Zeit sei das 16. Jahrhundert gewesen, das 23 solcher Himmelskörper aufweist[32]). Im 17. Jahrhundert finden wir deren 12, und darunter nur 2 innerhalb der ersten funfzig Jahre. Im 18. Jahrhundert erschienen nur 8, während schon die erste Hälfte des 19. Jahrhunderts 12 aufweist, unter denen sich besonders ausgezeichnet haben die Kometen von 1807, 1811, 1819, 1835 und 1843. Häufig verfloß in früheren Zeiten ein Intervall von vierzig bis funfzig Jahren, ohne daß ein solcher Anblick sich ein einziges Mal darbot. Möglich wäre es freilich, daß in denjenigen Jahren, die arm sind an mit bloßen Augen sichtbaren Kometen, zahlreiche Kometen von langer Umlaufszeit erscheinen, deren Durchgang durch die Sonnennähe indessen, weil diese jenseits der Jupiter- und Saturnbahn fiel, infolge der großen Entfernung, den Astronomen entging.

Seit Anfange dieses Jahrhunderts hat man im Laufe von 53 Jahren 91 Erscheinungen teleskopischer Kometen beobachtet, wenn man hierbei die Wiederkünfte periodischer Kometen mitzählt; im Mittel erscheinen hiernach etwa fünf Kometen innerhalb dreier Jahre.

Siebzehntes Kapitel.

Ueber die Kometen von langer Umlaufszeit.

Der Halley'sche Komet ist der einzige Komet von langer Umlaufszeit, dessen Wiederkunft heutzutage ganz gesichert ist. Nur sehr unvollkommen kennen die Astronomen des 19. Jahrhunderts diejenigen Kometen, welche jeder Generation nur höchstens Einmal zu sehen vergönnt ist, oder auch welche nur nach mehreren Jahrhunderten, vielleicht erst nach mehreren Jahrtausenden in ihre Sonnennähe zurückkehren. Die Wissenschaft wird in späterer Zeit alle die Fragen lösen können, welche wir aufzustellen vermögen, denn wir hinterlassen unsern Nachkommen Elemente, deren Genauigkeit in gar keinem Vergleich steht mit den unbestimmten Beschreibungen, welche uns unsere Vorfahren hinterlassen haben.

Ich werde jetzt einzeln die verschiedenen Kometen aufzählen, deren elliptische Bahnen über die Neptunbahn hinausreichen, und zwar werde ich mit denjenigen beginnen, welche die kleinsten Sonnenabstände haben.

Zuerst finden wir fünf Kometen, deren Umlaufszeiten zwischen 69 und 75 Jahren liegen:

1. Der am 27. Juni 1852 von Westphal zu Göttingen entdeckte Komet, dessen von Marth berechnete elliptische Bahn folgende Bestimmungsstücke hat[33]:

Halbe große Axe	16,32
Apheldistanz	31,99
Excentricität	0,9248

Die Dauer der Umlaufszeit beträgt etwa 69 Jahre.

2. Der von Pons im Juli 1812 entdeckte Komet (No. 126 des

Verzeichnisses), dessen ich schon wegen seiner Sichtbarkeit mit bloßen Augen erwähnte, besitzt nach Encke's Rechnungen eine elliptische Bahn von folgenden Dimensionen:

Halbe große Axe	17,095
Apheldistanz	33,414
Excentricität	0,9545

In diesem Falle ist die Umlaufszeit 70, 68 Jahre [34]).

3. Der Olbers'sche Komet, welcher den Namen des großen Astronomen trägt, der ihn am 6. März 1815 entdeckt hat (No. 129 des Verzeichnisses), und ihn bis Ende August beobachtete, hat nach den Rechnungen von Nicolai, Gauß, Nicollet und Bessel eine elliptische Bahn, deren

Halbe große Axe	17,634
Apheldistanz	34,055
Excentricität	0,0312

ist; die Dauer der Umlaufszeit beträgt 74,05 Jahre. Der Komet soll nach Bessel im Februar 1887 zu seiner Sonnennähe zurückkommen, indem der störende Einfluß der Planeten die Rückkehr um etwa zwei Jahre beschleunigen wird [35]).

4. Am 20. Februar 1846 entdeckten der Pater de Vico zu Rom und am 26. Februar George Bond zu Cambridge in den Vereinigten Staaten einen Kometen im Walfische (No. 174 des Verzeichnisses), der bis Anfang Mai beobachtet wurde. Nach den sehr gut übereinstimmenden Berechnungen von van Deinse und von Peirce hat dieser Komet eine elliptische Bahn, und man kann sich an folgende Zahlen halten:

Halbe große Axe	17,507
Apheldistanz	34,341
Excentricität	0,9621

Hiernach beträgt die Umlaufszeit dieses Kometen 73,25 Jahre [36]).

5. Ein in Altona von Brorsen am 20. Juli 1847 an der Gränzscheide der Sternbilder Widder und Dreieck entdeckter Komet, wurde von Rümker bis zum 12. September beobachtet. Mehrere Astronomen haben seine elliptische Bahn berechnet, und d'Arrest hat aus der Gesammtheit aller Beobachtungen gefunden (vergl. No. 183 des Verz.):

Halbe große Axe	17,779
Apheldistanz	35,070
Excentricität	0,9726

Als Umlaufszeit ergibt sich die Dauer von 74,79 Jahren[37]).

Die nun zu nennenden Kometen vollbringen ihre Umläufe nach den auf die Beobachtungen gegründeten Rechnungen meist in so beträchtlich großen Zeiträumen, daß es fast wie eine große Anmaßung erscheinen kann, wenn man auf das wirkliche Eintreten der Wiederkehr hofft, welches aus den astronomischen Theorieen allerdings folgt.

I. Wir fanden bereits Veranlassung zu erwähnen, daß der Komet vom Jahre 1532 (No. 29 des Verzeichnisses), den Fracastor entdeckte, Apian beobachtete, Halley, Olbers und Méchain berechneten, für identisch gehalten wird mit dem Kometen von 1661 (No. 42 unsers Verzeichnisses), welchen Hevel entdeckte und Méchain berechnete. Die Zwischenzeit zwischen beiden Erscheinungen beträgt etwa 129 Jahre.

II. Flamsteed, der erste königliche Astronom zu Greenwich, entdeckte am 23. Juli 1683 einen Kometen, welchen er bis zum 5. September verfolgte (No. 50 des Verzeichnisses). Die von Clausen für diesen Kometen berechneten elliptischen Elemente geben ihm eine Umlaufszeit von 187,8 Jahren, und machen überdies die

Halbe große Axe	33,031
Apheldistanz	65,512
Excentricität	0,9832

Diesen Kometen hätte man um das Jahr 1870 wiederaufzusuchen; bei der Berechnung der nächsten Wiederkehr wird man indessen auf den störenden Einfluß der Planeten Rücksicht zu nehmen haben.

III. Der von Colla zu Parma am 2. Juni 1845 entdeckte Komet (No. 171 des Verzeichnisses) ist nur bis zum 27. Juni beobachtet worden; indessen haben d'Arrest's Rechnungen auf Elemente geführt, welche denen des von Tycho im Jahre 1596 beobachteten Kometen (No. 38 unsers Verzeichnisses) sehr ähnlich sind; letzteren Kometen haben Pingré und neuerlich Valz und Hind berechnet[38]). Die Zeit zwischen beiden Erscheinungen beträgt 249 Jahre.

IV. Im Jahre 1264 wurde ein sehr heller Komet beobachtet, dessen Elemente (No. 17 des Verzeichnisses) Pingré und Dunthorne

berechnet haben. Alle Geschichtschreiber preisen einstimmig seinen Glanz im August und während eines Theils des Septembermonats. Den Berichten zufolge war der Schweif mehr als 100 Grade lang, und, wie die chinesischen Erzählungen besagen, war dieser Schweif wie ein Säbel gekrümmt. Der Komet blieb sichtbar bis zum 2. October und verschwand, wird berichtet, in derselben Nacht, in welcher Papst Urban IV. verstarb.

Vergleicht man nun die Elemente dieses Kometen mit denen des Kometen von 1556, welcher in unserm Verzeichnisse die No. 30 führt, so erkennt man sogleich die große Aehnlichkeit der Elemente untereinander. Den Kometen von 1556 entdeckte Fabricius am 1. März; er wurde zuletzt noch im Maimonat beobachtet.

Die zwischen beiden Erscheinungen verflossene Zeit beträgt ungefähr 292 Jahre, wodurch die nächste Rückkehr etwa auf das Jahr 1848 gesetzt wird; indessen wird man den Kometen wegen der planetarischen Störungen wohl bis zum Jahre 1860 erwarten müssen [39]).

V. Am 22. October 1840 entdeckte Bremiker zu Berlin einen Kometen (No. 162 des Verzeichnisses), der bis Mitte Februar 1841 beobachtet wurde. Aus Götze's Rechnungen hat sich ergeben, daß die Bahn elliptisch war, und zwar ist

Halbe große Axe	49,12
Apheldistanz	96,76
Excentricität	0,96985

Die Dauer der Umlaufszeit betrüge hiernach 344 Jahre.

VI. Oben bereits haben wir gesehen (14. Kap. S. 283), daß Hubbard's Rechnungen dem Kometen von 1843 (No. 164 des Verzeichnisses) eine Umlaufszeit von 376 Jahren zuschreiben. Wenn nun, wie viele Astronomen annehmen, die Kometen von 1668 und 1843 identisch sind, so könnte dagegen die Umlaufszeit nur 175 Jahre oder einen aliquoten Theil dieser Anzahl betragen.

VII. Am 30. April 1846 entdeckte Brorsen einen Kometen (No. 177 des Verzeichnisses), den man bis zum 12. Juni verfolgte. Wichmann's Rechnungen legen demselben eine elliptische Bahn bei, in welcher

Halbe große Axe 54,42
Apheldistanz 108,21
Excentricität 0,9884

Die Umlaufszeit betrüge hiernach 401 Jahre.

VIII. Am 24. September 1793 entdeckte Perny einen Kometen, den man bis zum 3. December beobachtete. Burckhardt berechnete die Kometenbahn elliptisch, und erhielt eine Umlaufszeit von etwa 12 Jahren; indessen fand d'Arrest, welcher die Bahn späterhin genauer untersuchte, in Stelle dessen eine Periode von 422 Jahren (No. 109 des Verzeichnisses).

IX. Hind hat aus seinen Rechnungen über den Kometen von 1746 (No. 71 des Verzeichnisses), der nur von Kindermann beobachtet zu sein scheint, Elemente gefunden, welche denen des Kometen von 1231 (No. 61 des Verzeichnisses), berechnet von Pingré, sehr ähnlich sind. Die Zwischenzeit zwischen beiden Erscheinungen beträgt 515 Jahre[40]).

X. Der dritte Komet von 1840 (No. 161 des Verzeichnisses) wurde am 6. März in Berlin von Galle entdeckt, und konnte nur bis zum 27. desselben Monats beobachtet werden. Die von Petersen und Rümker berechneten Elemente dieses Kometen haben einige Aehnlichkeit mit der von Burckhardt nach chinesischen Beobachtungen berechneten Bahn des Kometen von 1097 (No. 15). Die Zwischenzeit zwischen beiden Erscheinungen beträgt 743 Jahre.

XI. Den zweiten Kometen vom Jahre 1811 (No. 125 des Verzeichnisses), welchen Pons zu Marseille am 16. November entdeckte, und den man bis zum 16. Februar 1812 beobachtete, hat Nicolai berechnet, und dafür eine entschieden elliptische Bahn gefunden, welche hat

Halbe große Axe 91,51
Apheldistanz 181,44
Excentricität 0,9827

Die Umlaufszeit beträgt somit 875 Jahre.

XII. Der im Jahre 1807 erschienene große Komet, welcher vom 9. September jenes Jahres bis zum 27. März 1808 beobachtet wurde (No. 120 im Verzeichnisse), ist mit großer Sorgfalt von Bessel berechnet worden, welcher für die elliptische Bahn angibt:

Halbe große Axe 143,86
Aphelдistanz 286,07
Excentricität 0,9955

Die berechnete Umlaufszeit beträgt 1714 Jahre; dieselbe kann sich aber möglicherweise bis auf 2157 Jahre erhöhen, aber auch auf 1404 Jahre herabgehen.

XIII. Der große Komet von 1769 (No. 84 des Verzeichnisses), welchen Messier am 8. August entdeckte, und den man bis zum 1. December beobachtete, ist von Bessel einer sehr gründlichen Untersuchung unterworfen worden; es hat sich dabei ergeben, daß die wahrscheinlichste Periode 2090 Jahre beträgt, daß dieselbe aber bis auf 2673 vergrößert oder bis auf 1692 verkleinert werden kann, Umlaufszeiten, die also fast um ein Jahrtausend verschieden sind. Hält man sich an die Umlaufszeit von 2090 Jahren, so kommt:

Halbe große Axe 163,46
Apheldistanz 326,80
Excentricität 0,9992

XIV. Man hatte vermuthet, daß der von Pons am 2. August 1827 entdeckte Komet (No 152 des Verzeichnisses), der sich bis Mitte October beobachten ließ, mit dem ersten Kometen von 1780 (No. 91 im Verzeichnisse) identisch sei, aber die von Clüver angeführte Berechnung der elliptischen Bahn hat das Ungegründete dieser Vermuthung herausgestellt. Dieser Komet hat:

Halbe große Axe 189,62
Apheldistanz 379,10
Excentricität 0,9993

Die Umlaufszeit beträgt also 2611 Jahre.

XV. Pater de Vico entdeckte am 24. Januar 1846 im Sternbilde des Eridanus einen Kometen, welchen Argelander bis zum 1. Mai beobachtete. Von Jelinek in Prag berechnete elliptische Elemente geben diesem Kometen eine Dauer der Umlaufszeit von 2721 Jahren mit einer Unsicherheit von 400 bis 500 Jahren, dergestalt daß die Periode zwischen 2300 und 3200 Jahre betragen wird.

XVI. Der berühmte Komet von 1811 (No. 124 des Verzeichnisses) wurde am 26. März 1811 von Flaugergues entdeckt und bis

zum August 1812 beobachtet. Bessel, Argelander, Conti u. A. haben die Bahn desselben elliptisch berechnet, wonach man hat:

Halbe große Axe 211,03
Apheldistanz 421,02
Excentricität 0,9951

In diesem Falle beträgt die Umlaufszeit 3065 Jahre, und die Gränze der Unsicherheit überschreitet dabei nicht 43 Jahre.

XVII. Am 28. September 1763 entdeckte Messier einen Kometen (No. 80 des Verzeichnisses), der nur bis zum 25. November beobachtet wurde. Lexell und Burckhardt haben ihn berechnet, indessen kann man Rechnungsresultaten, wenn sie auf Beobachtungen eines so kleinen durchlaufenen Bogens beruhen, nicht volles Vertrauen schenken. Ohne darüber entscheiden zu wollen, würde die elliptische Bahn bestimmt durch

Halbe große Axe 217,41
Apheldistanz 434,32
Excentricität 0,9954

XVIII. Der große Komet von 1825 (No. 145 des Verzeichnisses), welchen man wohl auch den großen Stierkometen nennt, wurde von Pons am 15. Juli entdeckt und bis zum 8. Juli 1826, d. h. länger als ein Jahr hindurch beobachtet. Nach Hansen's Rechnungen hat er eine elliptische Bahn, in welcher

Halbe große Axe 267,94
Apheldistanz 534,64
Excentricität 0,9954

Die Dauer der Umlaufszeit beträgt 4386 Jahre.

XIX. Der von Pons am 13. Juli 1822 beobachtete Komet (No. 139 des Verzeichnisses) wurde bis zum 11. November beobachtet. Er besitzt, Encke's Rechnungen zufolge, eine elliptische Bahn, bestimmt durch

Halbe große Axe 309,65
Apheldistanz 618,15
Excentricität 0,9963

Die Umlaufszeit beträgt 5649 Jahre.

XX. Schweizer in Moskau entdeckte am 11. April 1849 in der nördlichen Krone einen Kometen (No. 188 des Verzeichnisses), der

bis zum 24. August beobachtet wurde. Aus d'Arrest's Rechnungen ist eine elliptische Bahn hervorgegangen, in welcher

Halbe große Axe	406,81
Apheldistanz	812,73
Excentricität	0,9978

Die Umlaufszeit ist hiernach 8375 Jahre.

XXI. Von dem großen Kometen von 1680 (No. 49 des Verzeichnisses) nahm Newton Veranlassung zu beweisen, daß die Kometen bei ihrer Umlaufsbewegung um die Sonne sich in Kegelschnitten bewegen, und folglich in ihren Bahnen durch dieselbe Kraft erhalten werden, welcher die Planeten gehorchen. Entdeckt wurde der Komet von Gottfried Kirch, damals zu Koburg, am 14. November, und beobachtet bis zum März 1681; die berühmtesten Astronomen und Geometer haben ihn zum Gegenstande ihrer Untersuchungen gemacht, und dennoch ist die wahre Gestalt seiner Bahn etwas zweifelhaft geblieben. Nach den Rechnungen von Encke besitzt er eine elliptische Bahn, in welcher

Halbe große Axe	427,64
Apheldistanz	855,28
Excentricität	0,9999

wonach die Umlaufszeit 8813 Jahre umfassen würde.

Whiston dagegen hatte für diesen Kometen eine Bahn berechnet, in welcher die große Axe 138 Mal oder genauer 138,296 Mal die mittlere Entfernung der Sonne von der Erde übertreffen sollte; unter dieser Annahme müßte die Umlaufszeit 575 Jahre betragen [41]).

XXII. Den am 25. Januar 1840 von Galle zu Berlin entdeckten Kometen (No. 160 des Verzeichnisses) konnte man bis zum 1. April beobachten. Nach Loomis' Berechnung soll demselben eine Umlaufszeit von nur 2423 Jahren zukommen. Dagegen haben die fleißigen Untersuchungen von Plantamour die Umlaufszeit auf 13866 Jahre festgesetzt, und dem zuletzt genannten Astronomen zufolge soll für die elliptische Bahn gelten:

Halbe große Axe	577,11
Apheldistanz	1053,00
Excentricität	0,9979

XXIII. Der erste Komet von 1780 (No. 91 des Verzeichnisses),

von Messier am 26. October entdeckt, wurde nur bis zum 28. November verfolgt. Nichtsdestoweniger hat Clüver die elliptische Bahn dieses Kometen berechnet und gefunden:

Halbe große Axe	1787,92
Apheldistanz	3974,88
Excentricität	0,99995

Die Umlaufszeit kommt damit auf 75838 Jahre.

XXIV, Ein am 7. Juli 1844 zu Paris von Mauvais entdeckter Komet (No. 164 in unserm Verzeichnisse) wurde bis zum 10. März 1845 beobachtet. Man sah ihn vor und nach dem Perihel, und Plantamour hat die Elemente desselben äußerst sorgfältig untersucht. Er findet als Umlaufszeit 100000 Jahre.

Hiermit sind wir bei denjenigen Kometen angekommen, welche, nachdem sie der Sonne bis auf eine kleinere Entfernung als der Halbmesser der Erdbahn beträgt, nahe gekommen sind, sich viele tausend Mal weiter von ihr entfernen. Sie gehen in den Raum hinaus bis auf weitere Entfernungen von der Erde, als die ist, in welcher sich befinden die Sterne α im Centaur, α in der Leyer, Sirius, Arctur, Capella (vergl. 9. Buch, 32. Kap. im 1. Bde. der Astr. S. 374); ihre Rückkehr wird man erst nach Tausenden von Jahrhunderten zu erwarten haben.

Achtzehntes Kapitel.

Kometen mit parabolischen Elementen.

Die ausführliche Betrachtung, welche wir den Kometen bisher gewidmet haben, ergibt, daß auch eine gewisse Anzahl berechneter Kometen übrig bleibt, deren Elemente, nach dem heutigen Zustande unserer Kenntnisse unbedingt verschieden untereinander sind. Diese Elemente kann man außerdem nur als parabolische betrachten, d. h. man muß annehmen, daß die großen Axen der Ellipsen bei den jetzt in Rede stehenden Kometen von so außerordentlicher Länge sind, daß wir sie als unendlich ansehen können. Die Kometen dieser Gattung werde ich sämmtlich in folgender Tafel zusammenfassen:

No. d. Kometen.	Jahr des Perihelhdurchganges.	Namen der Entdecker oder Beob.	Namen der Berechner.	Dauer der Sichtbarkeit.
1	136 v. Chr.	Chines. Beob.	Peirce.	—
2	66 n. Chr.	„	Hind.	—
3	141	„	Hind.	—
4	240	„	Bnrckhardt.	—
5	539	„	Burckhardt.	—
6	565	„	Burckhardt.	—
7	568	„	Hind, Laugier.	—
8	574	„	Hind.	—
9	770	„	Hind, Laugier.	—
10	837	„	Pingré.	—
11	961	„	Hind.	—
12	989	„	Burckhardt.	—
13	1066	Im Jahre d. Erober. durch d. Normannen.	Pingré, Hind.	—
14	1092	Chines. Beob.	Hind.	—
18	1299	„	Pingré.	—
19	1301	Byzant., engl. nnd chinesische Berichte.	Laugier.	—
20	1337	Byzantiner und Chinesen.	Halley, Pingré. Hind, Laugier.	— —
21	1362	Chines. Beob.	Burckhardt.	—
22	1385	„	Hind.	—
23	1433	„	Hind, Laugier.	—
24	1457	Europ. Beob.	Hind.	—
25	1468	Chines. Beob.	Laugier, Valz	—
26	1472	Regiomontan	Halley, Laugier.	—
27	1490	Chin. Beob.	Hind.	—
28	1506	„	Laugier.	31. Juli bis 14. Aug.
31	1558	Landgraf von Hessen	Olbers.	—
32	1577	Tycho=Brahe	Halley, Woldstedt.	—
33	1580	Moestlin	Pingré, Halley.	—
34	1582	Tycho=Brahe	Pingré.	13. bis. 18. Mai.
35	1585	Tycho=Brahe u. Rothmann	Peters, Leverrier.	19. Oct. bis 17. Nov.
36	1590	Tycho=Brahe	Halley, Hind.	23. Febr. bis 6. März.

No. des Kom.	Jahr des Perihel-durchg.	Namen der Entdecker oder Beobachter	Namen der Berechner	Dauer der Sichtbarkeit
37	1593	Ripensis	Lacaille.	4. Aug. bis 3. Sept.
39	1618	Keppler	Pingré.	—
40	1618	Keppler	Bessel.	—
41	1652	Hevel	Halley.	20. Dec. bis 8. Jan. 1653.
43	1664	Hevel	Halley.	—
44	1665	Hevel	Halley.	6. bis 20. April.
46	1672	Hevel	Halley.	6. März bis 21. Apr.
47	1677	Flamsteed.	Halley.	29. Apr. bis 8. Mai.
51	1684	Bianchini	Halley.	1. bis 17. Juli.
52	1686	Europ. und ostind. Beob.	Halley.	—
53	1689	Richaud	Pingré, Peirce, Vogel.	—
54	1695	De l'Isle.	Burckhardt.	—
55	1698	Lahire, Cassini	Halley.	—
56	1699	Fontenay zu Peking, Cassini u. Maraldi zu Paris.	Lacaille.	17. Febr. bis 2. März.
57	1701	Pallu zu Pau, Thomas zu Peking	Burckhardt.	—
58	1702	Bianchini	Burckhardt.	20. Apr. bis 5. Mai.
59	1706	Cassini	Lacaille, Struyck.	18. März bis 16. Apr.
60	1707	Manfredi	Lacaille, Struyck.	25. Nov. bis 23. Jan. 1708.
61	1718	Kirch	Argelander.	—
62	1723	Beob. zu Bombay	Spörer.	12. Oct. bis 18. Dec.
63	1729	Sarabat zu Nimes	Burckhardt.	3. Juli bis 18. Jan. 1730.
64	1737	Bradley	Bradley.	26. Febr. bis 2. Apr.
65	1737	Beobachter zu Peking	Daussy.	—
66	1739	Zanotti	Lacaille.	28. Mai bis 18. Aug.
67	1742	Grant	Barker, Lacaille.	—
69	1743	Klinkenberg	Klinkenberg, d'Arrest.	18. Aug. bis 13. Sept.

No. des Kom.	Jahr des Perihel-durchg.	Namen der Entdecker od. Beobachter	Namen der Berechner	Dauer der Sichtbarkeit
70	1744	Klinkenberg	Betts, Hiorter u. A.	—
72	1747	Chéseaux	Lacaille.	13. Aug. bis 5. Dec. 1746.
73	1748	Maraldi	Lemonnier.	—
74	1748	Klinkenberg	Bessel.	19. bis 22. Mai.
75	1757	Bradley	Bradley.	—
76	1758	La Nux	Pingré.	Ende Mai bis 2. Nov.
77	1759	Messier	Lacaille, Pingré.	25. Jan. 1760 bis 18. März.
78	1759	Beobachtet zu Lissabon	Chappe, Lacaille.	8. Jan. 1760 bis 8. Febr.
79	1762	Klinkenberg	Burckhardt.	17. Mai bis 2. Juli
81	1764	Messier	Pingré.	3. Jan. bis 11. Febr.
82	1766	Messier	Pingré.	8. bis 15. März
86	1770	La Nux	Pingré.	10. Jan. 1771 bis 20. Jan.
87	1771	Messier	Burckhardt, Encke.	1. Apr. bis 17. Juli
88	1773	Messier	Burckhardt.	12. Oct. bis 30. Nov.
89	1774	Montaigne zu Limoges	Burckhardt.	11. Aug. bis 25. Oct.
90	1779	Bode	Zach, Pacassi, Prosperin.	6. Jan. bis 17. Mai.
92	1780	Montaigne, Olbers	Olbers.	18. bis 21. Oct.
93	1781	Méchain	Méchain.	28. Juni bis 15. Juli
94	1781	Méchain	Méchain, Legendre.	9. Oct. bis 25. Dec
96	1784	La Nux	Méchain.	15. Dec. 1783 bis 26. Mai 1784
97	1785	Messier und Méchain	Méchain.	7. Jan. bis 8. Febr.
98	1785	Méchain	Méchain.	11. März bis 16. Apr.
99	1786	Car. Herschel	Méchain, Reggio.	1. Aug. bis 26. Oct.
100	1787	Méchain	Saron.	10. Apr. bis 26. Mai.
101	1788	Messier	Méchain.	25. Nov. bis 30. Dec.
102	1788	Car. Herschel	Méchain.	21. Dec. bis 18. Jan. 1789.
103	1790	Car. Herschel	Saron.	7. bis 21. Jan.
104	1790	Méchain	Méchain.	9. Jan. bis 1. Febr.

No. des Kom.	Jahr des Perihel-durchg.	Namen der Entdecker od. Beobachter	Namen der Berechner	Dauer der Sichtbarkeit
105	1790	Caroline Herschel	Englefield, Méchain.	17. Apr. bis 29. Juni
106	1792	Car. Herschel	Englefield, Méchain.	15. Dec. 1791 bis 25. Jan. 1792
107	1792	Méchain, Piazzi	Prosperin.	10. Jan. 1793 bis 19. Febr.
108	1793	Messier	Saron.	27. Sept. bis 7. Jan. 1794.
110	1796	Olbers	Olbers.	31. März bis 14. Apr.
111	1797	Car. Herschel, Bouvard, Lee	Olbers, Bouvard.	14. bis 31. Aug.
112	1798	Messier	Burckhardt, Olbers.	12. Apr. bis 24. Mai.
113	1798	Bouvard	Burckhardt.	6. bis 12. Dec.
114	1799	Méchain	Burckhardt, Wahl.	6. Aug. bis 25. Oct.
115	1799	Méchain	Méchain.	26. Dec. bis 5. Jan. 1800.
116	1801	Pons	Burckhardt.	12. bis 23. Juli.
117	1802	Pons	Olbers.	26. Aug. bis 3. Oct.
118	1804	Pons	Bouvard, Wahl.	7. März bis 1. Apr.
119	1806	Pons	Burckhardt.	10. Nov. bis 12. Febr. 1807.
121	1808	Pons	Encke.	25. bis 29. März.
122	1808	Pons	Bessel.	26. Juni bis 3. Juli.
123	1810	Pons	Bessel.	29. Aug. bis 21. Sept.
127	1813	Pons	Nicollet.	4. Febr. bis 11. März.
128	1813	Pons	Encke, Ferrer.	2. Apr. bis 16. Mai.
130	1816	Pons	Burckhardt, Olbers.	22. Jan. bis 1. Febr.
131	1818	Pons	Encke	26. Dec. 1817 bis 1. Mai.
132	1818	Pons	Rosenberger, Scherck.	29. Nov. bis 30. Jan. 1819.
133	1819	Tralles	Brinkley.	1. Juli bis 20. Oct.
136	1821	Pons, Nicollet	Rosenberger.	21. Jan. bis 3. Mai.
137	1822	Gambart	Nicollet.	12. Mai bis 30. Juni.
138	1822	Pons	Heiligenstein.	30. Mai bis 12. Juni.
140	1823	Köhler	Encke, Schmidt.	30. Dec. bis 31. März 1824.
141	1824	Rümker	Rümker.	15. Juli bis 11. Aug.

No. des Kom.	Jahr des Perihel-durchg.	Namen der Entdecker od. Beobachter	Namen der Berechner	Dauer der Sichtbarkeit
142	1824	Scheithauer	Encke.	23. Juli bis 25. Dec.
143	1825	Gambart	Harding, Clausen.	18. Mai bis 15. Juli.
144	1825	Pons	Clausen.	9. bis 26. Aug.
146	1826	Pons	Clausen, Nicolai.	7. Nov. bis 11. Apr. 1826.
147	1826	Flaugergues	Clüver.	29. März bis 6. Apr.
148	1826	Pons	Argelander.	7. Aug. bis 26. Nov.
149	1826	Pons	Gambart, Clüver.	22. Oct. bis 5. Jan. 1827.
150	1827	Pons	Heiligenstein.	26. Dec. bis 30. Jan. 1828.
151	1827	Pons und Gambart	Heiligenstein.	20. Juni bis 21. Juli.
153	1830	Auf d. südl. Hemisphäre.	Hädenkamp, Mayer.	17. März bis 17. Aug.
154	1830	Von Mehreren gleichzeitig	Wolfers.	7. Jan. 1831 bis 8. März.
155	1832	Gambart	Bouvard, Santini, Conti.	19. Juli bis 17. Aug.
156	1833	Dunlop	Peters.	1. bis 16. Oct.
157	1834	Gambart	Petersen.	7. März bis 14. Apr.
158	1835	Boguslawsky	Wilh. Bessel.	20. Apr. bis 27. Mai.
159	1840	Galle	Peters, O. Struve.	2. Dec. 1839 bis 8. Febr. 1840.
163	1842	Laugier	Petersen.	28. Oct. bis 27. Nov.
165	1843	Mauvais	Götze.	3. Mai bis 1. Oct.
168	1844	Wilmot	Hind.	24. Dec. bis 12. März 1845.
169	1845	D'Arrest	D'Arrest.	28. Dec. 1844 bis 30. März 1845.
170	1845	De Vico	Faye.	25. Febr. bis 25. Apr.
175	1846	De Vico	Brorsen, Argelander.	29. Juli bis 30. Sept.
178	1846	De Vico	Hind.	23. Sept. bis 30. Oct.
179	1847	Hind	Hind, Schmidt.	6. Febr. bis 24. Apr.
180	1847	Colla	D'Arrest, Gautier.	7. Mai bis 8. Dec.
181	1847	Schweizer	Schweizer, O. Struve.	31. Aug. bis 4. Nov.
182	1847	Mauvais	Littrow.	4. Juli bis 2. März 1848.

No. des Kom.	Jahr des Perihel-durchg.	Namen der Entdecker od. Beobachter	Namen der Berechner	Dauer der Sichtbarkeit
184	1847	Miß Maria Mitchel	Rümker, Poisson.	1. Oct. bis 3. Jan. 1848.
185	1848	Petersen	Quirling, Sonntag.	7. bis 25. Aug.
186	1849	Petersen	Petersen, d'Arrest.	26. Oct. 1848 bis 26. Jan. 1849.
187	1849	Goujon	Weyer.	15. Apr. bis 22. Sept.
189	1850	Petersen	D'Arrest, Sonntag.	1. Mai bis Ende Aug.
190	1850	Bond	Vogel.	29. Aug. bis 15. Sept.
192	1851	Brorsen	Vogel.	1. Aug. bis Ende Nov.
193	1851	Brorsen	Sonntag.	22. bis 30. Oct.
194	1852	Chacornac	Sonntag, Valz.	15. Mai bis 18. Juni.
196	1853	Secchi	Valz.	6. bis 29. März.
197	1853	Klinkerfues	Mathieu.	10. Juni bis 12. Oct.

Dies ist das vollständige Verzeichniß derjenigen bis 1853 berechneten Kometen, von deren parabolischen Elementen man nicht zu den elliptischen Bestimmungsstücken hat übergehen können. Außerdem sind alle diese Bahnen untereinander allzu verschieden, als daß man einzelne unter ihnen für identisch ansehen könnte.

Im Ganzen finden sich hiernach unter 226 bis Ende 1853 berechneten Kometenerscheinungen:

7 Wiedererscheinungen des Halley'schen Kometen,
14 Erscheinungen des Encke'schen Kometen,
6 Erscheinungen des Biela'schen Kometen,
2 Erscheinungen des Faye'schen Kometen,
46 Erscheinungen von Kometen mit elliptischen Elementen, oder von denen vielleicht bereits eine Wiederkehr beobachtet wurde,
151 Erscheinungen von Kometen mit parabolischen Elementen.

Neunzehntes Kapitel.

Wie groß die Anzahl der Kometen im Sonnensysteme ist.

Vielfach haben sich die Kosmologen mit der Frage beschäftigt, wie viel Kometen im Sonnensysteme vorhanden seien; doch sind die

eigentlichen Beobachtungen der Kometen zu neuen Ursprungs, als daß sie in dieser Beziehung mehr als bloße Wahrscheinlichkeiten darzubieten vermöchten.

Im Jahre 1773 berechnete Lalande die Anzahl der zu unserm Systeme gehörigen Kometen auf mehr als 300. Seine Schlüsse will ich hier wiederholen, dabei jedoch die Zahlenangaben so zu Grunde legen, wie sie die Beobachtungen zwischen den Jahren 1800 und 1850 liefern[42]).

In diesem funfzigjährigen Zeitraume hat man 75 Kometen beobachtet, wenn ich die Wiedererscheinungen der periodischen Kometen von Halley, Encke, Biela und Faye nicht mitzähle; man kann hiernach $1\frac{1}{2}$ Kometen auf jedes Jahr oder, was dasselbe ist, drei Kometen auf je zwei Jahre rechnen.

Betrüge die Dauer der Umlaufszeit bei den in unserer Zeit sichtbaren Kometen nur 200 Jahre, so müßten wir bei den Geschichtschreibern und Chronisten für jeden Kometen Spuren seiner vorigen Erscheinung finden; denn um's Jahr 1600 notirte man schon sehr aufmerksam die Himmelserscheinungen. Ja man muß hinzufügen, daß bei denjenigen dieser Gestirne, welche mehrere Wochen hindurch beobachtet werden konnten, die Ellipticität der Bahnen sich merklich machen würde, überstiege nicht die Dauer der Umlaufszeit drei Jahrhunderte.

Wir wollen also 300 Jahre als mittlere Zahl für diejenige Zeit gelten lassen, welche ein Komet braucht, um in seine Sonnennähe zurückzukehren. So lange nun, von einem gewissen Zeitpunkte an, diese Periode von 300 Jahren noch nicht verflossen ist, wird man fortwährend neue Kometen erscheinen sehen; ist aber diese Periode einmal abgelaufen, so müssen dieselben Gestirne, freilich in einer andern Reihenfolge, wiederkehren.

Da nun in einer Periode von drei Jahrhunderten alle erscheinenden Kometen neue sind, so entsprechen, weil, wie ich eben bemerkte, drei Kometen in zwei Jahren erscheinen, den 300 Jahren 450 Kometen; und so groß würde, wenn obige Schlußweise gilt, die Anzahl der von der Erde aus sichtbaren Kometen in unserm Sonnensysteme sein.

Ich will nicht bei der Widerlegung dieser Rechnungen verweilen, um ohne Weiteres zu den Betrachtungen höherer Art überzugehen, welche Lambert bereits vor langer Zeit in seinen geistvollen Cosmo-

logischen Briefen anstellte, um zur Lösung des interessanten Problems zu gelangen, welches den Inhalt des gegenwärtigen Kapitels ausmacht[43]).

Am 31. December 1853 bestand die Anzahl sämmtlicher vollständig berechneten Kometen aus 4 periodischen und 197 andern Kometen, deren Wiederkünfte noch nicht sicher hatten festgestellt werden können: dies sind also im Ganzen 201. Untersuchen wir nun, ob diese Gestirne häufiger vorkommen zu gewissen Zeiten und in bestimmten Richtungen.

Ich hatte bereits im Jahre 1832, als das Kometenverzeichniß nicht mehr als 137 berechnete Kometen enthielt, den Versuch zur Lösung gegenwärtiger Frage gemacht. Die damals erhaltenen Zahlen mögen hier zur Vergleichung neben denen stehen, die ich Herrn Barral ersucht habe aus der vollständigeren Tafel herzuleiten, welche wir gegenwärtig besitzen. Es ist nämlich nicht ohne Interesse zu sehen, welche Modificationen die Fortbildung der Wissenschaft in derartigen Berechnungen herbeiführen kann.

Die erste Frage, welche uns entgegentritt, ist die nach der Zeit der Periheldurchgänge der Kometen. Zählt man alle Kometenerscheinungen gleichmäßig mit, sowohl die der periodischen als der nichtperiodischen Kometen, so kommen im Ganzen bis Ende 1853 226 sicher feststehende Erscheinungen. Es ergibt sich hierbei, daß die Periheldurchgänge folgendermaßen vertheilt sind:

	Verzeichniß bis Ende 1831	Verzeichniß bis Ende 1853
Januar	14	22
Februar	10	17
März	8	17
April	10	21
Mai	9	14
Juni	11	16
Juli	10	14
August	8	14
September	15	26
October	11	20

	Verzeichniß bis Ende 1831	Verzeichniß bis Ende 1853
November	18	26
December	13	19
	137	226

Offenbar erscheinen also weniger Kometen in den Sommermonaten als in den Wintermonaten. Dies muß auch in der That der Fall sein, denn im Mai, Juni, Juli und August sind die Nächte sehr kurz, und es kann nicht fehlen, daß der langdauernde Tag und die Dämmerung eine gewisse Anzahl von Kometen unsern Blicken entziehen.

Weil nun die Beobachtung der Zeit des Durchganges durch die Sonnennähe abhängig ist von der beschränkten Kraft unsers Gesichts, ziehen wir es vor, jetzt ein Element zu untersuchen, dessen Bestimmung in keiner Weise von der menschlichen Schwäche beeinträchtigt werden kann. Von dieser Art ist bei den Kometen die Richtung ihrer Bewegung. Die Wiedererscheinungen der periodischen Kometen abgerechnet, ergibt sich hier:

Anzahl der rechtläufigen Kometen	102
Anzahl der rückläufigen Kometen	99
Im Ganzen	201

Hätte man diese Vergleichung angestellt, als die Anzahl aller berechneten Kometen nur 49 betrug, so würden sich ergeben haben 24 rechtläufige und 25 rückläufige; im Jahre 1831 gab es unter 137 verzeichneten Kometen 69 rechtläufige und 68 rückläufige.

Ebenso unabhängig von dem Gesichtssinne der Astronomen und von der Stellung der Erde im Raume sind die Neigungen der Kometenbahnen; sie führen zu folgenden Ergebnissen:

Neigungen	Anzahl d. Kom. im J. 1831	Anzahl d. Kom. im J. 1853
Von 0° bis 10°	9	19
„ 10 „ 20	13	18
„ 20 „ 30	10	13
„ 30 „ 40	17	22
„ 40 „ 50	14	35
„ 50 „ 60	23	27

Neigungen	Anzahl d. Kom. im J. 1831	Anzahl d. Kom. im J. 1853
Von 60° bis 70°	17	23
„ 70 „ 80	19	26
„ 80 „ 90	15	18
Im Ganzen	137	201

Es scheint aus dieser Tafel hervorzugehen, daß die Kometen von großen Neigungen häufiger vorkommen als von kleinen; zu diesem Ergebnisse war schon Bode gekommen, als er im Jahre 1785 die Elemente der damals bekannten 72 Kometen untereinander verglich[44]). Nichtsdestoweniger bedarf es nur einer einfachen Bemerkung um zu zeigen, selbst ohne Hülfe der Wahrscheinlichkeitsrechnung, daß 201 Beobachtungen uns nicht berechtigen, mit Bestimmtheit zu behaupten, daß es in der Gegend der Ekliptik stets weniger Kometen gibt, als in einiger Entfernung von dieser Ebene. Denn in der That zeigt Bode's Tafel zwischen 50 bis 60 Graden 4 Kometen weniger, als zwischen 60 und 70 Graden; an derselben Stelle gab es im Jahre 1831 6 Kometen mehr, und im Jahre 1853 nur 4 Kometen mehr. Andrerseits gab es im Jahre 1831 9 Kometen weniger zwischen 40 bis 50 Grade, als zwischen 50 und 60 Grade, während dieser Unterschied im Jahre 1853 freilich 8 beträgt, aber in entgegengesetztem Sinne. Somit bleibt es unsern Nachkommen vorbehalten auszumachen, ob die ursprünglich vorhanden gewesenen physischen Bedingungen, denen zufolge sich die Hauptplaneten sämmtlich in der Nähe der Ebene der Ekliptik befinden, den entgegengesetzten Einfluß auf die Bewegung der Kometen ausgeübt haben.

Bekanntlich verschwinden gewisse Zufälligkeiten in den Zahlen, sobald eine große Anzahl von Beobachtungen zur Behandlung vorliegt. Betrachten wir also, ob sich nicht in den Längen der aufsteigenden Knoten Umstände darbieten, welche uns zu großer Vorsicht in der vorliegenden Untersuchung mahnen können:

Länge der aufsteigend. Knoten	Anzahl d. Kom. im J. 1831	Anzahl d. Kom. im J. 1853
Von 0° bis 30°	12	17
„ 30 „ 60	12	18

Länge der aufsteigend. Knoten.	Anzahl d. Kom. im J. 1831.	Anzahl d. Kom. im J. 1853.
Von 60° bis 90°	20	22
„ 90 „ 120	8	17
„ 120 „ 150	12	19
„ 150 „ 180	13	15
„ 180 „ 210	14	20
„ 210 „ 240	11	16
„ 240 „ 270	10	16
„ 270 „ 300	8	9
„ 300 „ 330	11	15
„ 330 „ 360	6	17
im Ganzen	137	201

Im Jahre 1832 knüpfte ich hieran die Bemerkung: „Vielleicht kann man es für einen bemerkenswerthen Umstand halten, daß die beiden Gegenden der Ekliptik, in welche nur acht Knoten fallen, einander um 180 Grade entgegengesetzt liegen; da indessen der Raum von 330° bis 360° noch weniger Knoten enthält, während doch die gegenüberliegende Gegend in dieser Hinsicht nichts Bemerkenswerthes zeigt, so möchte wohl die soeben erwähnte Bemerkung nur für etwas Zufälliges anzusehen sein."

Im Jahre 1853 dagegen bleibt höchstens die geringe Anzahl von Knoten in dem Theile von 270 bis 300° zu erwähnen, aber im Allgemeinen sind die Unterschiede für die übrigen Regionen der Ekliptik fast vollständig verwischt.

Betrachten wir in derselben Weise die Vertheilung der Perihellängen:

Längen der Perihele.	Anzahl d. Kom. im J. 1831.	Anzahl d. Kom. im J. 1853.
Von 0° bis 30°	11	14
„ 30 „ 60	13	16
„ 60 „ 90	12	23
„ 90 „ 120	20	21
„ 120 „ 150	10	18
„ 150 „ 180	8	6

Längen der Perihele	Anzahl d. Kom. im J. 1831	Anzahl d. Kom. im J. 1853
Von 180° bis 210°	6	12
„ 210 „ 240	13	16
„ 240 „ 270	18	20
„ 270 „ 300	10	28
„ 300 „ 330	10	20
„ 330 „ 360	6	7
Im Ganzen	137	201

Ob in der That, wie diese Tafel zu beweisen scheint, die Endpunkte der großen Axen der Kometenbahnen in beträchtlich größerer Anzahl bei 90° und 270° als sonst überall in der Ekliptik liegen, kann erst die Zukunft entscheiden; ebenso ob man in den darauf rechtwinkligen Richtungen die wenigsten Perihele zu erwarten hat. Allerdings scheint diese Thatsache sowohl aus den Beobachtungen bis 1831 als aus allen bis 1853 vorhandenen zu folgen, man darf aber nicht übersehen, daß weder 137 noch 201 Bahnen zu allgemeinen Ergebnissen führen können, welche frei von allen Zufälligkeiten wären.

Wir kommen jetzt zu dem letzten der hier in Betracht zu ziehenden Elemente, nämlich zum Perihelabstande der einzelnen Kometen; leider sind hier die Ergebnisse abhängig von der Gesichtsschärfe der Beobachter. Die berechneten Bahnen führen zu folgenden Zahlen:

Perihelabstände belegen	Anzahl der Kom. im J. 1831	Anzahl der Kom. im J. 1853
zwischen Sonne und der Bahn des Merkur . . .	30	37
zwischen den Bahnen des Merkur und der Venus	44	63
zwischen den Bahnen der Venus und der Erde .	34	52
zwischen den Bahnen der Erde und des Mars . .	23	38
zwischen den Bahnen des Mars und des Jupiter	6	11
jenseit der Jupitersbahn	0	0
Im Ganzen	137	201

Beim Anblick dieser Tafel scheint es zuerst ganz unmöglich, nicht als erwiesen anzunehmen, daß nicht alle Periheldistanzen gleich häufig vorkommen; sobald man indessen die verschiedenen Bedingungen der

Aufgabe gehörig in's Auge faßt, erleidet das Ergebniß des ersten Augenblicks eine Modification. Ich will zuerst die Schwierigkeit klar darstellen.

Wären die Perihele gleichförmig im Himmelsraume zerstreut, so müßten sich diejenigen Perihele, welche eingeschlossen liegen in Kugeln, deren gemeinschaftlicher Mittelpunkt die Sonne und deren Halbmesser der Reihe nach die Bahnen von Merkur, Venus, Erde sind (16. Buch, 7. Kap.) ihrer Zahl nach verhalten wie die Volumen dieser Kugeln, d. h. wie die Cuben der Halbmesser oder wie die Zahlen:

$(3,9)^3$, $(7,2)^3$, $(10)^3$,

oder wie 59, 373, 1000.

Zur Vergleichung mit diesen Zahlen lasse ich nun die Anzahl der bekannten Kometen folgen, welche von den zur Merkur-, Venus- und Erdbahn gehörigen Kugeln eingeschlossen liegen. Unserm Verzeichnisse zufolge gelten hier die Zahlen

im J. 1831 . . .	30	74	108
im J. 1853 . . .	37	100	152

Es ist aber für das Verzeichniß von 1831, 30 ungefähr die Hälfte von 59, während 74 nicht einmal ganz das Fünftel von 373 ist, und während 108 nur den neunten oder zehnten Theil von 1000 beträgt.

Für das Kometenverzeichniß von 1853 ergibt sich, daß 37 ungefähr drei Fünftel ist von 59, 100 etwas weniger als drei Zehntel von 373, 152 ungefähr drei Zwanzigstel von 1000.

Die Anzahl der beobachteten Kometen nimmt also bei Weitem nicht in dem Verhältnisse zu, wie die Volumen der Räume, in denen ihre Perihele liegen.

Aber bevor man dies Gesetz aufgibt, bleibt jedenfalls zu untersuchen, ob die Anzahl der in größeren oder kleineren Abständen von der Sonne sichtbaren Kometen stets derselbe aliquote Theil von der Gesammtzahl aller in jenen entfernteren oder näheren Regionen befindlichen Kometen sein wird. Und diese Frage beantwortet Jedermann sogleich verneinend, sobald sie nur einmal klar und bestimmt aufgeworfen wird.

Diejenigen Kometen nämlich, deren Perihele zwischen die Merkursbahn und Sonne fallen, müssen von der Erde aus beinahe sämmtlich beobachtet werden: 1) weil ihre Winkelgeschwindigkeit in der

Gegend der Erde noch nicht sehr beträchtlich ist, sodaß sie nicht schon innerhalb weniger trüben Tage von unserer Hemisphäre auf die jenseitige Hemisphäre des Himmels übergehen, wo sie uns wegen der Erdkrümmung unsichtbar sind; 2) weil diese Gestirne in der Nähe der Sonne, wenn sie so zu sagen in das Sonnenlicht getaucht sind, selbst noch in dem Falle, wo ihre physische Beschaffenheit an sich wenig dazu geeignet sein sollte, Licht genug reflectiren werden, um deutlich sichtbar zu sein.

Diejenigen Kometen, deren Perihele sich zwischen der Merkurs- und Venusbahn befinden, scheinen sich, von der Erde aus betrachtet, schneller zu bewegen und sind auch im Allgemeinen merklich weniger hell, als die vorigen. Unter sonst gleichen Umständen wird von ihnen also eine geringere Anzahl sichtbar sein.

Was ferner diejenigen Kometen betrifft, deren Perihelabstand nicht beträchtlich vom Halbmesser der Erdbahn verschieden ist, so ergibt sich, daß dieselben, selbst abgesehen davon, daß sie schwächer erleuchtet werden als die, welche z. B. noch die Merkursbahn durchschneiden, und zwar in noch stärkerem Verhältnisse als die Zahlen 100 und 16 ausdrücken, sich in der Nähe unserer Erde meist außerordentlich schnell fortbewegen; aus diesem Grunde können sie im Allgemeinen nur wenige Tage hindurch sichtbar sein, und es bedarf nur eine kurze Zeit lang bedeckten Himmels, um solche Kometen ganz unbemerkt vorübergehen zu lassen.

Fragt man endlich, aus welchem Grunde nur so wenige Kometen jenseit der Marsbahn beobachtet sind, so genügt einfach die Bemerkung, daß die Kometen von allen Perihelabständen für die Beobachter auf der Erde im Allgemeinen unsichtbar werden, sobald sie auf ihrem Laufe in Entfernungen von der Sonne gelangen, welche drei bis vier Mal den Halbmesser der Erdbahn betragen. Mithin müssen diejenigen Kometen, deren Perihele noch jenseit der Marsbahn liegen, ihre ganzen Bahnen, ohne von der Erde aus bemerkt zu werden, durchlaufen, ausgenommen die Fälle, wo sie ungewöhnlich groß und dicht, und folglich von ungewöhnlich starkem Glanze sind.

Wenn endlich Jemanden der Umstand befremden könnte, daß kein einziger Komet bekannt ist, dessen Perihel jenseit der Bahnen des

Jupiter und Saturn fällt, so würde ich ihn darauf aufmerksam machen, daß der Halley'sche Komet, vor und nach jeder seiner Erscheinungen, fünf ganze Jahre innerhalb der Saturnsbahn verweilt, ohne daß man in dieser langen Zeit eine Spur von ihm wahrnehmen könnte.

Ein Komet müßte alle Gestirne dieser Gattung, die man seit anderthalb Jahrhunderten gesehen hat, weit an Glanz übertreffen, wenn man hoffen sollte, ihn selbst mit den kräftigsten Fernröhren noch zu einer Zeit zu erkennen, wo sein Abstand von der Sonne dem Halbmesser der Saturnsbahn gleich geworden wäre.

Nachdem in dieser Weise die Schwierigkeiten entfernt sind, welche die Ziffern, die in obiger Tafel die Vertheilung der Kometenperihele zwischen den Bahnen der Hauptplaneten darstellen, wird man es um so natürlicher finden, daß bei dem Versuche, die Anzahl aller zu unserm Sonnensysteme gehörigen Kometen zu ermitteln, von der Annahme ausgegangen wurde, die Perihelpunkte ihrer Bahnen seien gleichförmig im Raume vertheilt, weil eben kein physischer Grund für eine andere Vertheilung angeführt werden kann.

Die Anzahl der gegenwärtig bekannten Kometen, deren Periheldistanz geringer ist als der Halbmesser der Merkursbahn, beträgt 37. Dieser Halbmesser verhält sich zu dem der Neptunsbahn wie 1 : 78, und dem körperlichen Inhalte nach stehen zwei Kugeln im cubischen Verhältnisse ihrer Halbmesser. Läßt man also die Annahme einer gleichförmigen Vertheilung der Kometen in allen Regionen unsers Systems gelten, um daraus die Anzahl aller derjenigen Kometen zu berechnen, deren Perihele innerhalb einer Kugel vom Halbmesser des Neptunabstandes von der Sonne liegen, so hat man folgende Proportion aufzustellen:

$(1)^3$ verhält sich zu $(78)^3$ wie 37 zu der gesuchten Anzahl;

und nach Ausführung der vorgeschriebenen Operationen

$$1 : 474552 = 37 : 17558424.$$

So würde denn das Sonnensystem diesseit des Neptun von mehr als siebzehn Millionen und fünfhunderttausend Kometen durchfurcht.

Lambert hat aus gewissen Betrachtungen, die sich bei ihm auf Endzwecke gründen, die obige Annahme verworfen, nach der die Anzahl der Kometen zunimmt im directen Verhältnisse des körperlichen

Inhalts der Kugeln, innerhalb deren die Perihele fallen. Statt jenes Verhältnisses des körperlichen Inhalts setzt er dasjenige der Oberflächen dieser Kugeln. Die von Halley aufgestellte Kometentafel war die einzige, der sich Lambert zu der Zeit, als er seine cosmologischen Briefe abfaßte, bedienen konnte; sie enthielt indessen nur 21 Kometen, nämlich 6 innerhalb der Kugel der Merkursbahn und 11 zwischen dieser und der zur Venusbahn gehörigen Kugel. Nun verhält sich aber 6 + 11 zu 6 nahezu wie 3 zu 1, und da das Verhältniß der Oberflächen bei den Kugeln des Merkur und der Venus gleichfalls nahezu das der Zahlen 1 zu 3 ist, so konnte Lambert das Gesetz der Oberflächen den Beobachtungen entsprechend finden [45]). Heutzutage dagegen, wo das Verzeichniß der berechneten Kometen 201 Nummern enthält, kann sich Jeder leicht überzeugen, daß dies Gesetz keineswegs das wahre ist, denn 37 + 63 ist nicht gleich 3 Mal 37. Ließe man das Lambert'sche Gesetz gelten, so käme

$(1)^2$ ist zu $(78)^2$ wie 37 zur gesuchten Anzahl,

und nach ausgeführter Rechnung

14 ist zu 6084 wie 37 zu 325108

Unter dieser Voraussetzung also würde diejenige mit der Sonne concentrische Kugel, deren Oberfläche durch den Neptunsabstand bestimmt wird, nur zwischen 300 und 350 Tausend Kometen in sich fassen.

Zwanzigstes Kapitel.

Ueber die Aenderungen im Ansehen, welche der Halley'sche Komet gezeigt hat.

Bereits mehrmals habe ich bemerkt, daß allein die von den Kometen durchlaufene Bahn dazu dienen könne, festzustellen, ob ein neuerdings entdeckter Komet früher schon gesehen wurde, und daß man aus dem bloßen Ansehen, das ein Komet zeigt, Nichts schließen könne, insofern dasselbe, seiner Natnr nach, allzu veränderlich ist. Kein anderer Komet eignet sich mehr, die Wahrheit dieser Behauptung zu erweisen, als der Halley'sche, weil dieser nämlich mit bloßen Augen sichtbar ist, weil er ferner bestimmt zu sieben verschiedenen Malen beobachtet wurde,

in Zeitpunkten, die voneinander durch je 76 Jahre getrennt sind, und weil endlich seine Erscheinung jedes Mal lange genug gewährt hat, um den Kometen leicht und vielfach beobachten zu lassen.

Hier soll nur von den sicher ermittelten Erscheinungen dieses Kometen die Rede sein[46]).

Ich beginne mit der Erscheinung im Jahre 1456.

Einigen Schriftstellern zufolge erschien der Komet von außerordentlicher Größe; andere bezeichnen ihn als erschrecklich, während zwei polnische Geschichtschreiber im Gegentheile versichern, der Komet sei nur von mittelmäßiger Größe gewesen. Alle diese Bezeichnungsweisen haben etwas sehr Unbestimmtes, und ein Jeder kann sie nach Belieben deuten: bestimmter lautet aber folgende Angabe. Drei oder vier Tage vor seinem Durchgange durch die Sonnennähe war der Kern des Kometen so glänzend wie die Firsterne. Zu derselben Zeit betrug die Schweiflänge nur 10°, doch scheint es, als habe man ihn mitunter 60°, d. h. zwei ganze Zeichen des Thierkreises lang gefunden.

Der Komet vom Jahre 1456 erregte großen Schrecken, vielleicht weniger durch großen Glanz oder langen Schweif, als weil man in ihm ein Zeichen für die Erfolge der türkischen Armeen erkannte. Die vom Papste Calirtus angeordneten Angelus, in welchen man gleichzeitig um Abwehr des Kometen und der Türken flehte, dienten sicherlich nicht zur Beruhigung schwacher Gemüther.

Das erste Erscheinen des Kometen von 1456 fällt auf den 29. Mai, d. h. 11 Tage vor seinen Periheldurchgang.

1531. Der Helligkeit nach war der Komet bei seiner Erscheinung im Jahre 1531 nicht ausgezeichnet; der Schweif war diesmal ziemlich lang (15 Grade), und es war bei sorgfältiger Beobachtung desselben, daß Apian zum ersten Male bemerkte, die Schweife der Kometen seien im Allgemeinen von der Sonne abgewandt.

In Europa ist das früheste Datum für das Sichtbarwerden des Kometen im Jahre 1531 der 25. Juli, aber in China und Japan hatte man ihn bereits am 13. desselben Monats bemerkt.

Das sind etwa 43 Tage vor dem Durchgange durch die Sonnennähe.

1607. Keppler gibt an, der Komet sei von blassem und schwachem

Lichte gewesen; Longomontanus gibt ihm, für den Anblick mit bloßem Auge, die Größe des Jupiter, doch mit etwas dunklerer Färbung. Andere begnügen sich, den Kometen einfach mit einem der schwächeren Sterne erster Größe zu vergleichen. Der Schweif zeigte nichts Merkwürdiges. Die erste Beobachtung des Kometen von 1607 fällt 33 Tage vor den Perihelburchgang.

1682. In dieser Erscheinung vergleichen Picard und Lahire den Halley'schen Kometen mit einem Sterne zweiter Größe; am 29. Aug. fanden sie den Schweif etwa 30 Grade lang.

Hevel in Danzig, Cassini, Picard und Lahire in Paris beobachteten den Kometen zuerst am 26. August; aber am 23. hatten ihn Geistliche zu Orléans bereits mit bloßen Augen wahrgenommen.

Dies ergibt die früheste Sichtbarkeit nur 22 Tage vor dem Periheldurchgange.

1759. Vor dem Periheldurchgange im Jahre 1759 hat Niemand den Kometen mit bloßen Augen gesehen; denn die Beobachtungen des sächsischen Landmannes Palitzsch sind späterhin zweifelhaft gemacht worden. Messier, der den Kometen mit Fernröhren verschiedener Größe verfolgte, konnte keinen Schweif am Kometen wahrnehmen.

Von denjenigen Beobachtungen, welche man nach dem Periheldurchgange des Kometen im Jahre 1759 anstellte, werde ich in Folgendem die Hauptergebnisse anführen.

Am 1. April, 18 Tage nach diesem Durchgange erkannte ihn Messier, wenn auch nur mühsam, mit unbewaffnetem Auge.

Dem Umfange nach erschien er ihm am 1. Mai wie ein Stern erster Größe; doch war das Licht etwas weniger glänzend. Auch Lacaille verglich den Kometen an demselben Tage mit einem hellen, durch dünnen Nebel scheinenden Stern; sein Licht, bemerkt Maraldi, war von geringem Glanze und glich etwa dem eines Planeten, den man nahe beim Horizonte erblickt. Mit bloßen Augen erschien er umfänglicher, als die Sterne erster Große.

Zu Paris zeigte sich der Schweif des Kometen fortwährend so schwach, daß verschiedene wohlgeübte Beobachter (unter ihnen z. B. Lalande) versicherten, ein Schweif sei überhaupt nicht vorhanden. Messier dagegen gibt an, daß der am 1. April im Fernrohre sichtbar

bleibende Theil des Schweifs 53 Minuten lang war; die sehr schwache Verlängerung dieses Schweifes, welche man kaum wahrnehmen konnte, schätzte er auf 25 Grade.

Am 15. Mai ließ sich, wie derselbe Astronom angibt, mit bloßen Augen vom Schweife keine Spur erkennen; aber in einem starken Fernrohre sah man ihn noch $3^1/_4$ Grad lang.

Maraldi sah am 16. und 17. Mai den Schweif deutlich, und fand beim Messen eine Länge von 2 Graden.

Der sehr dünne Lichtschimmer, von welchem Lacaille sagt, daß er sich am 17. und 21. Mai ziemlich weit nach Osten erstreckte, kann offenbar nur der Kometenschweif gewesen sein. Zu Lissabon war der Schweif, nach Chevallier's Messungen, nur 5 Grade lang; ebenso lang erschien er am 15. Mai dem unbewaffneten Auge.

Zu Pondichery, am 30. April, hatte der Schweif indessen nach Angabe des Pater Coeur-Doux mehr als 10 Grade.

Folgende Messungen für die Schweiflänge hat La Nur auf der Insel Bourbon angestellt:

Am 24. März	. . .	3°,	
„ 20. April	. . .	6 bis 7°,	
„ 21. „	. . .	8,	
„ 28. „	. . .	19	(der Schweif wurde merklich schmäler),
„ 29. „	. . .	25	(die Abnahme der Breite dauerte fort),
„ 5. Mai	. . . .	47	(außerordentlich schmal geworden).

In Vorstehendem erhält der Leser eine Uebersicht über sämmtliche Beobachtungen, aus denen man sich berechtigt gehalten hat zu folgern, daß der Halley'sche Komet fortwährend schwächer werde. Wenn diese Thatsache einmal feststand, so fand sich leicht deren physische Ursache in den Stofftheilchen, welche sich um die Zeit des Perihels anscheinend von der Nebelmasse sondern, um den Schweif zu bilden. Man kann sich in der That kaum vorstellen, daß diese Theilchen, nachdem sie so weit fortgestoßen sind, wieder zum Kometen zurückkehren sollten; leichter würde man annehmen, daß sie sich im Himmelsraume zerstreuten.

Es wird hiernach für Jedermann begreiflich sein, von wie großem Interesse die Beobachtungen des Glanzes und der Größe des Halley'schen Kometen bei seiner Wiederkehr im Jahre 1835 sein mußten.

Möglicherweise konnten uns diese Beobachtungen, verglichen mit denen aus den Jahren 1456, 1531, 1607, 1682 und 1759 lehren, daß die Kometen nicht ewigdauernde Körper sind, daß vielmehr, nach einigen aufeinander folgenden Umläufen um die Sonne, alle Theilchen, aus denen Schweif, Nebelmasse und selbst die Kerne bestehen, sich in den Raum zerstreuen, um dort entweder die Planetenbewegung zu hemmen oder die Elemente zu neuen Bildungen herzugeben.

Aber diese Vermuthungen haben sich nicht verwirklicht, wie man leicht erkennen wird, wenn ich jetzt die Verhältnisse bei der letzten Erscheinung des Halley'schen Kometen auseinandersetze.

1835. Zur Zeit seines größten Glanzes, Mitte Octobers, war der Kern des Halley'schen Kometen, mit bloßen Augen betrachtet, etwa den röthlichen Sternen erster Größe an Helligkeit vergleichbar, also etwa α im Skorpion, α im Orion oder α im Stier. Amici schrieb an mich aus Florenz: „Mit unbewaffnetem Auge erschien mir der Komet heller als die Sterne im Großen Bären.“ Diese Sterne im Großen Bären sind bekanntlich zweiter Größe, und der 12. October war nicht der Tag der größten Lichtstärke.

Am 15. October schien mir der Schweif des Kometen, mit bloßen Augen betrachtet, etwa 20 Grade lang; aber im Sucher (ein überraschendes Resultat), hätte ich ihn nur für halb so lang gehalten.

Am 16. October (immer mit bloßen Augen betrachtet), schien der Schweif nicht länger als 10 bis 12 Grade.

Am 26. fand ihn Schwabe zu Dessau nur noch 7 Grade.

Von einem der jüngern Astronomen an der pariser Sternwarte, Eugen Bouvard, wurde der Komet schon am 23. September mit bloßen Augen erkannt; ein anderer, Plantamour, sah ihn am 27; ein dritter, Laugier, bemerkte ihn dagegen deutlich erst am 28. Am 30. September war der Komet fast für Jedermann mit bloßen Augen erkennbar.

Dies war also 47 Tage vor dem Periheldurchgange.

Gelungene Abbildungen von Kometen könnten den zukünftigen Astronomen bestimmtere Fingerzeige und Andeutungen geben, als es die besten Beschreibungen vermögen, um einige von den wichtigen Aufgaben zu lösen, welche uns in Betreff der physischen Constitution dieser

wunderbaren Gestirne entgegentreten. Wenn es einst gelingen wird, photographische Abbildungen von den Kometen zu machen, kann dadurch der Wissenschaft erheblich gedient sein. Es hat mir wünschenswerth geschienen, dem Leser einige von den Abbildungen vorzulegen, welche Sir John Herschel am Cap gemacht hat; man wird durch diese Zeichnungen eine klare Vorstellung erlangen von den Aenderungen in Aussehen und Gestalt, auf welche ich glaubte oben bereits aufmerksam machen zu müssen[47]).

Fig. 187 (S. 336) zeigt den Kometen so wie ihn Sir John Herschel am 28. October 1835 mit bloßen Augen im Schlangenträger erblickte. An Glanz glich der Kern einem Sterne dritter Größe, und die Länge des Schweifes mochte etwa 3 Grade betragen, während an Helligkeit letzterer nur den Sternen sechster Größe gleich kam, d. h. den Sternen, welche an der äußersten Gränze der Sichtbarkeit mit bloßen Augen stehen. Fig. 188 zeigt den Kometen an demselben Abend, wie er in einem achromatischen Fernrohre von sieben Fuß Brennweite erschien. Am nächstfolgenden Tage (October 29.) zeigte der Komet in einem zwanzigfüßigen Spiegelteleskope einen verdichteten Kern und zwei Sectoren in Gestalt des sichelförmigen Mondes (Fig. 189). Wenige Tage danach wurde der Komet unsichtbar, indem er in zu große Nähe bei der Sonne gelangte. Am 25. Januar 1836 konnte man ihn wiederum beobachten: im zwanzigfüßigen Fernrohre zeigte er am 25. (Fig. 190), am 26. (Fig. 191), am 27. (Fig. 192), am 28. (Fig. 193) und am 31. (Fig. 194) die fortwährend veränderten Gestalten, wie sie die Abbildungen darstellen.

Aus zwei Messungen, welche Sir John Herschel am 25. Januar mittelst eines Aequatoreals anstellte, fand er für den Durchmesser des Kopfes:

in der Richtung der Geradenaufsteigung 229″4
in der Richtung der Declination . . . . 237″3

und zwei Stunden später

in der Richtung der Geradenaufsteigung 196″7
in der Richtung der Declination . . . . 252″0.

So starke Größenänderungen scheinen auf plötzlich eintretende Aenderungen im Kometen selbst hinzuweisen.

Noch am 11. Februar zeigte sich der Komet in merkwürdiger Gestalt (Fig. 195), aber von der Zeit an verschwindet der Schweif nach und nach, und am 3. Mai (Fig. 196) erscheint der Komet nur noch wie ein kugelförmiger Nebelfleck.

Wenn die Kometen von einiger Größe nicht durch sich selbst leuchten (eine Frage, welche ich in einem besondern Kapitel behandeln werde), sondern ihr Licht von der Sonne erhalten, so kann ihre Sichtbarkeit, wenn die atmosphärischen Verhältnisse dieselben bleiben, ausschließlich nur von der Zeit des Periheldurchganges abhängig seien. Von diesem Gesichtspunkte aus möge nun der Leser die Angaben, welche ich über den Kometen von 1835 soeben beigebracht habe, mit den Umständen vergleichen, unter denen sich dieser Komet bei seinen früheren Erscheinungen zeigte: aus der Gesammtheit aller Erscheinungen gelangt man dabei sicher nicht zu dem Schlusse, daß der Halley'sche Komet nach und nach schwächer werde. Ja ich möchte behaupten, daß wenn man in einer so schwierigen Sache ganz sichere Schlüsse aus Beobachtungen ziehen dürfte, die in verschiedenen Zeiten des Jahres angestellt sind, so würde das deutlichste Ergebniß aus den beiden Durchgängen von 1759 und 1835 das sein, daß sich der Komet in der Zwischenzeit vergrößert habe.

Diese Gelegenheit, einem weit verbreiteten Irrthume entgegenzutreten, durfte ich hier um so weniger unbenutzt lassen, als ich befürchten muß, zur Verbreitung desselben selbst ein wenig beigetragen zu haben.

Einundzwanzigstes Kapitel.

Aussehen und physische Beschaffenheit der Kometenkerne.

Von sehr großer Wichtigkeit ist es zu wissen, ob die Kometenkerne undurchsichtig oder durchsichtig seien, ob man sie als feste Körper oder als Ansammlungen dunstförmiger Masse zu betrachten habe; die Beantwortung dieser Frage entscheidet nämlich bis zu einem gewissen Grade über die Rolle, welche man den Kometen bei den großen Umwälzungen, die in der physischen Welt stattgefunden haben, beilegen

darf: aus diesem Grunde wird es Entschuldigung finden, wenn ich diesen Punkt bis ins kleinste Detail erörtere.

Infolge ihrer eigenen Bewegung durchziehen die Kometen nach und nach verschiedene Sternbilder. Die Gegend des Raumes, in der diese Bewegungen stattfinden, liegt uns beträchtlich näher als den Fixsternen; wenn es sich nun ereignet, daß ein Komet zwischen uns und einen Fixstern tritt, so erhält man ein besseres Urtheil über seine eigentliche Beschaffenheit, als in jeder andern Stellung. Leider sind nur wirkliche Zusammenkünfte, im eigentlichen Sinne des Wortes, außerordentlich selten, und zwar aus dem Grunde, weil selbst in den reichsten Gegenden des gestirnten Himmels der leere Raum noch bedeutend den sternerfüllten überwiegt. Schon aus den oben angeführten Periheldistanzen in dem die berechneten Kometenbahnen enthaltenden Verzeichnisse, war ersichtlich, daß einige Kometen ebenfalls zwischen Erde und Sonne, dem Monde oder den Planeten hindurchgehen. Dergleichen Bedeckungen, eine besondere Art von Verfinsterungen, können äußerst wichtige Gelegenheiten bieten, um mehrfache Fragen aus der Kometenastronomie zur Lösung zu bringen.

§. 1. Undurchsichtige Kerne.

Ich beginne mit der Zusammenstellung derjenigen älteren und neueren Beobachtungen, welche für die Undurchsichtigkeit der Kerne einiger Kometen zeugen.

Herodot berichtet, daß im Jahre 450 vor unserer Zeitrechnung eine totale Sonnenfinsterniß eintrat, und zwar bei Frühlingsanfang, als Xerxes' Heer Kleinasien durchzog. Dio erwähnt einer andern totalen Sonnenfinsterniß, welche sich einige Tage vor Augustus' Tode ereignete. Keine von diesen beiden Finsternissen hat aber, unsern besten astronomischen Tafeln zufolge, von dem Dazwischentreten des Mondes herrühren können, und aus diesem Grunde hat man sie dem Vorübergange zweier Kometen vor der Sonnenscheibe zugeschrieben. Was zunächst die von Herodot erwähnte Verfinsterung betrifft, so schien für diese Erklärungsweise eine Nachricht zu sprechen, welche Charimander in seiner heutzutage nicht mehr vorhandenen Kometen-Geschichte gab, denn, wie uns Plinius berichtet, versicherte jener Geschichtschreiber,

daß ein Komet, dessen Kopf stets in den Sonnenstrahlen verborgen blieb, einen langen Schweif über den Himmel erstreckte, den um die Mitte des Jahres 480 Anaxagoras mehrere Tage nacheinander beobachtete. Die von Dio erwähnte Finsterniß wäre nur dann möglich, wenn man sie dem Kometen zuschreiben wollte, der, nach des Augenzeugen Seneka's Nachricht, in Augustus' Todesjahre erschien. Es bedarf sicherlich kaum der Bemerkung, daß heutzutage sich kein einziger Astronom berechtigt glauben würde, aus diesen ebenso unsichern als unbestimmten Zusammenstellungen den Schluß zu ziehen, daß es ehemals Kometenkerne gegeben habe, groß und undurchsichtig genug, um uns das Sonnenlicht vollständig zu entziehen.

Ebenso fehlen uns bestimmte Unterlagen, um zu untersuchen, ob die übernatürliche Sonnenfinsterniß, welche am Tage von Christi Kreuzigung eintrat, durch einen Kometen herbeigeführt wurde; ich sage übernatürliche Finsterniß, denn der Mond war zu jener Zeit voll und stand auf einer Seite des Himmels, welche derjenigen gerade entgegengesetzt ist, wo er sich befinden muß, um zwischen Sonne und Erde zu treten.

Es wird von Geschichtschreibern berichtet, daß am 11. Mai 1184 gegen sechs Uhr Abends der untere Theil der Sonne vollkommen verfinstert wurde; der ganze übrige Theil der Sonnenscheibe erschien blaß; in der Mitte sah man wie einen Balken durch die Sonne gehen.

Zur Erklärung dieser Erscheinung hat man angenommen, daß damals ein Komet zwischen Erde und Sonne getreten war.

In allen Kometographieen wird dem Georg Phranza, Großgarderobier des Kaisers von Konstantinopel, nacherzählt, daß im Sommer des Jahres 1454 ein Komet sich dem Monde näherte und ihn verdunkelte. Dies würde ein so offenbarer Beweis für die Undurchsichtigkeit eines Kometenkernes sein, daß ich gewiß nicht unterließe diesen Fall hier anzuführen, wenn sich nicht durch Veröffentlichung der Originalchronik ergeben hätte, daß die lateinische Uebersetzung des bairischen Jesuiten Pontanus, auf welche sich die Kometographen gestützt hatten, einen Widerspruch enthielte. In wörtlicher Uebersetzung lautet die Stelle folgendermaßen: „Allabendlich erblickte man nach Untergang der Sonne einen Kometen, der einem Degen nicht unähnlich war

und sich dem Monde näherte. Als die Nacht des Vollmonds gekommen war, trat zufällig und infolge des regelmäßigen Kreislaufes der beiden Himmelslichter, wie gewöhnlich eine Mondfinsterniß ein. Manche glaubten, als sie das Dunkel der Finsterniß wahrnahmen und im Westen hoch am Himmel den Kometen erblickten, der nach Osten fortrückte und sich dem Monde näherte, daß dieser Komet in seiner langen Degengestalt, mit Rücksicht auf die Mondfinsterniß nichts Anderes bedeute, als daß die christlichen Völker des Abendlandes vereint zum Angriff gegen die Türken schreiten und siegreich sein würden. Die Türken dagegen, welche diese Ereignisse gleichfalls bei sich überlegten, geriethen in nicht geringe Furcht und riethen hin und her." Es leuchtet ein, daß Phranza nicht mit einem einzigen Worte andeutet, der Mond sei durch einen Kometen verfinstert worden[48]).

Untersuchen wir nun, ob sich über diese Frage wegen der Undurchsichtigkeit der Kometenkerne etwas Genaueres bei den Beobachtern der Neuzeit findet.

Als Messier zuerst den kleinen Kometen vom Jahre 1774 auffand (No. 89 in unserm Verzeichnisse), stand nahe beim Kerne desselben ein einziges teleskopisches Sternchen. Einige Stunden später war ein zweiter Stern nahe beim ersten sichtbar geworden, und dieser zweite Stern stand an Helligkeit dem andern nicht nach. Es scheint nur auf eine Art möglich zu erklären, warum Messier diesen zweiten Stern nicht gleich anfänglich gesehen hatte: man muß, wie auch jener Akademiker that, annehmen, daß dieser Stern hinter dem undurchsichtigen Körper des Kometen verborgen war; allenfalls könnte man noch annehmen, das Licht des Sterns sei vor dem Glanze des Kernes erloschen*).

Am 28. November 1828, $10^1/_2$ Uhr Abends, sah ein Beobachter zu Genf (Wartmann), wie der Encke'sche Komet von kurzer Umlaufszeit, derselbe welcher nach je $3^1/_3$ Jahren zu seiner Sonnennähe

---

*) Viel entscheidender wäre diese Beobachtung, wenn Messier den verdunkelten Stern vor seinem angeblichen Hintertritte gesehen hätte: wenn man ferner glauben könnte, daß der Astronom, vom Dasein des Sternes überzeugt, sich bemüht habe ihn zu erkennen; und wenn endlich nicht auch die Annahme möglich wäre, daß Messier den Stern aus Unachtsamkeit übersehen habe.

zurückkommt, über einen Stern 8ter Größe hinwegging und diesen vollkommen verdeckte. Ich darf jedoch nicht unterlassen hinzuzufügen, daß Wartmann sich bei dieser Beobachtung eines zu kleinen Fernrohrs und einer zu geringen Vergrößerung bediente, als daß seine Beobachtung nicht noch zweifelhaft erscheinen könnte.

§. 2. Durchsichtige Kerne.

Wenden wir uns jetzt zu denjenigen Beobachtungen, wo sich die Kerne wie durchsichtige Körper verhalten werden.

Am 23. October 1774 sah Montaigne zu Limoges einen Stern 6ter Größe durch den Kern eines kleinen Kometen hindurchgehen.

Montaigne gibt nicht an, ob diese Beobachtung sich auf den Mittelpunkt des Kernes bezieht, ein Umstand, der freilich nicht von großer Wichtigkeit wäre, weil durch Nichts bewiesen ist, daß der feste Kern, wenn ein solcher überhaupt vorhanden, gerade die Mitte des leuchtenden Kernes einnehmen müsse.

Am 9. November 1795 erschien der Komet von kurzer Umlaufszeit zu Slough in der Nähe von Windsor vor einem Sterne 11ter oder 12ter Größe. Mit schwacher Vergrößerung erkannte man den Steru als doppelt, als aus zwei gesonderten Sternen bestehend, und zwar zeigte sich der eine davon beträchtlich schwächer als sein Nachbar. Dieses so kleine Sternchen, das vielleicht nur von der 12ten Größe ist, erkannte Herschel ganz deutlich durch den mittelsten Theil des Kometennebels.

Am 1. April 1796 bemerkte Olbers einen Stern 6ter oder 7ter Größe, obgleich derselbe von einem Kometen bedeckt war; das Licht des Sternes schien durchaus nicht schwächer. Unbemerkt darf ich nicht lassen, daß dieser berühmte Astronom selbst sich gegen die Folgerung aussprach, welche man aus seiner Beobachtung für die Durchsichtigkeit des Kernes ziehen wollte. Seinen Vermuthungen zufolge lag der Stern etwas nördlich vom Mittelpunkte der Nebelhülle, und wenn der Kern für einige Zeit unsichtbar wurde, so geschah dies nur infolge der großen Nähe des helleren Lichtes des Firsterns.

Am 29. October 1824 sah Struve einen Stern 10ter Größe in weniger als zwei Secunden Entfernung vom Mittelpunkte eines



FIG. 187. Anblick des Halley'schen Kometen mit blossem Auge am 28. Oct. 1835.

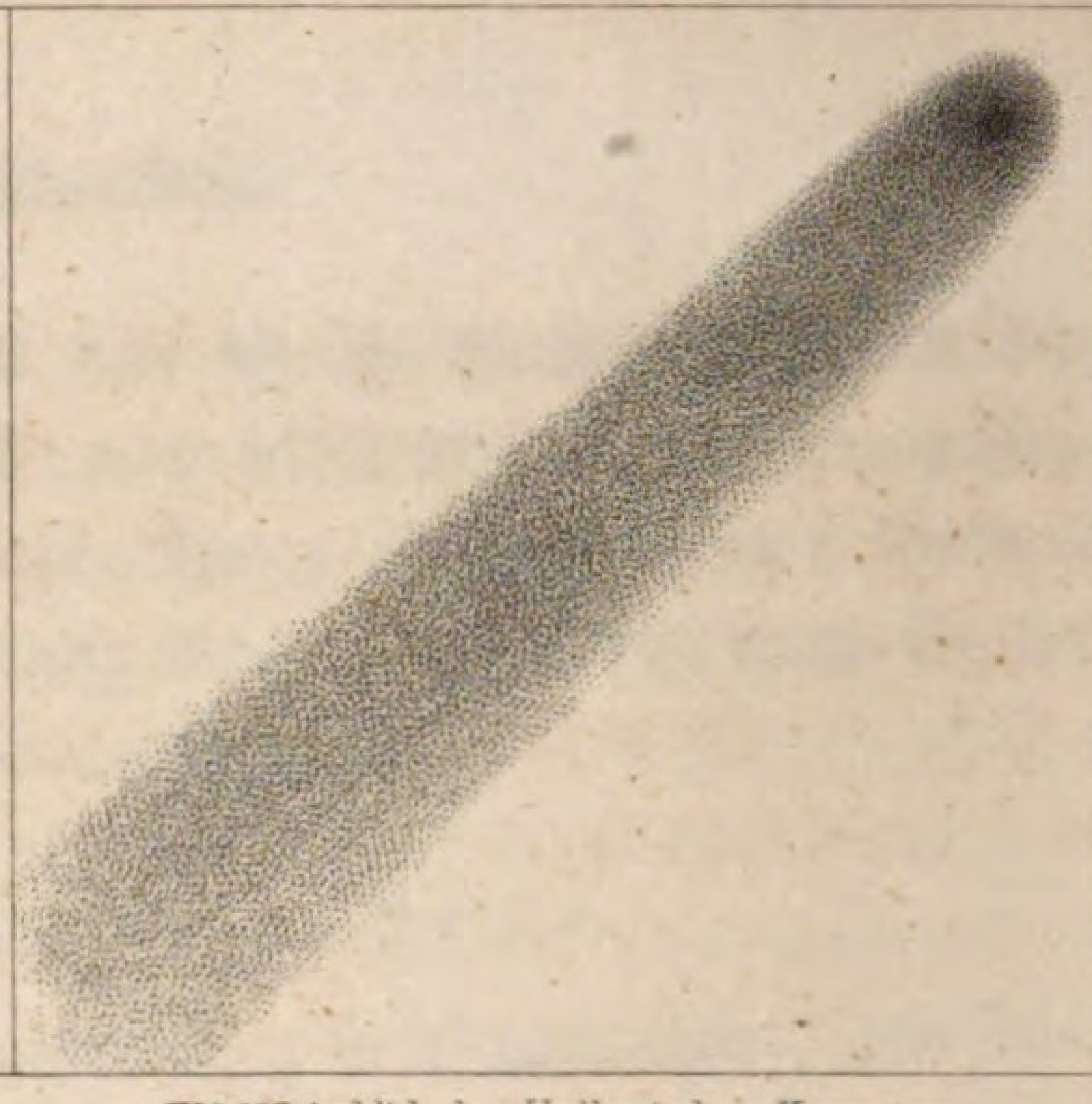


FIG. 188. Anblick des Halley'schen Kometen in einem 6 füss. Fernrohr am 28. Oct. 1835.



FIG. 189. Anblick des Halley'schen Kometen in einem 20 füss. Teleskope am 29. Oct. 1835.

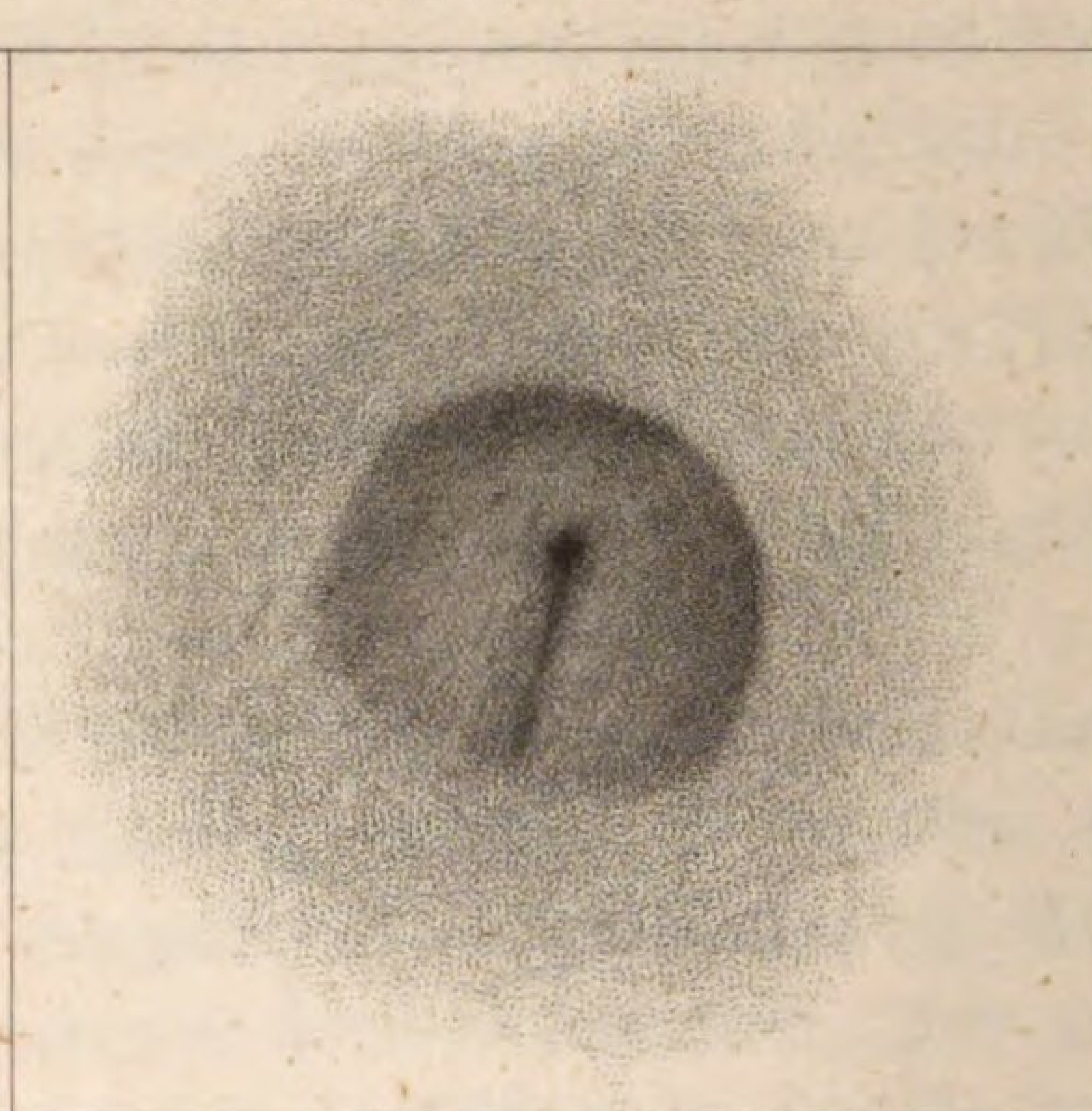


FIG. 190. Anblick des Halley'schen Kometen in einem 20 füss. Teleskope am 25. Jan. 1836.



FIG. 191. Anblick des Halley'schen Kometen in einem 20 füss. Teleskope am 26. Jan. 1836

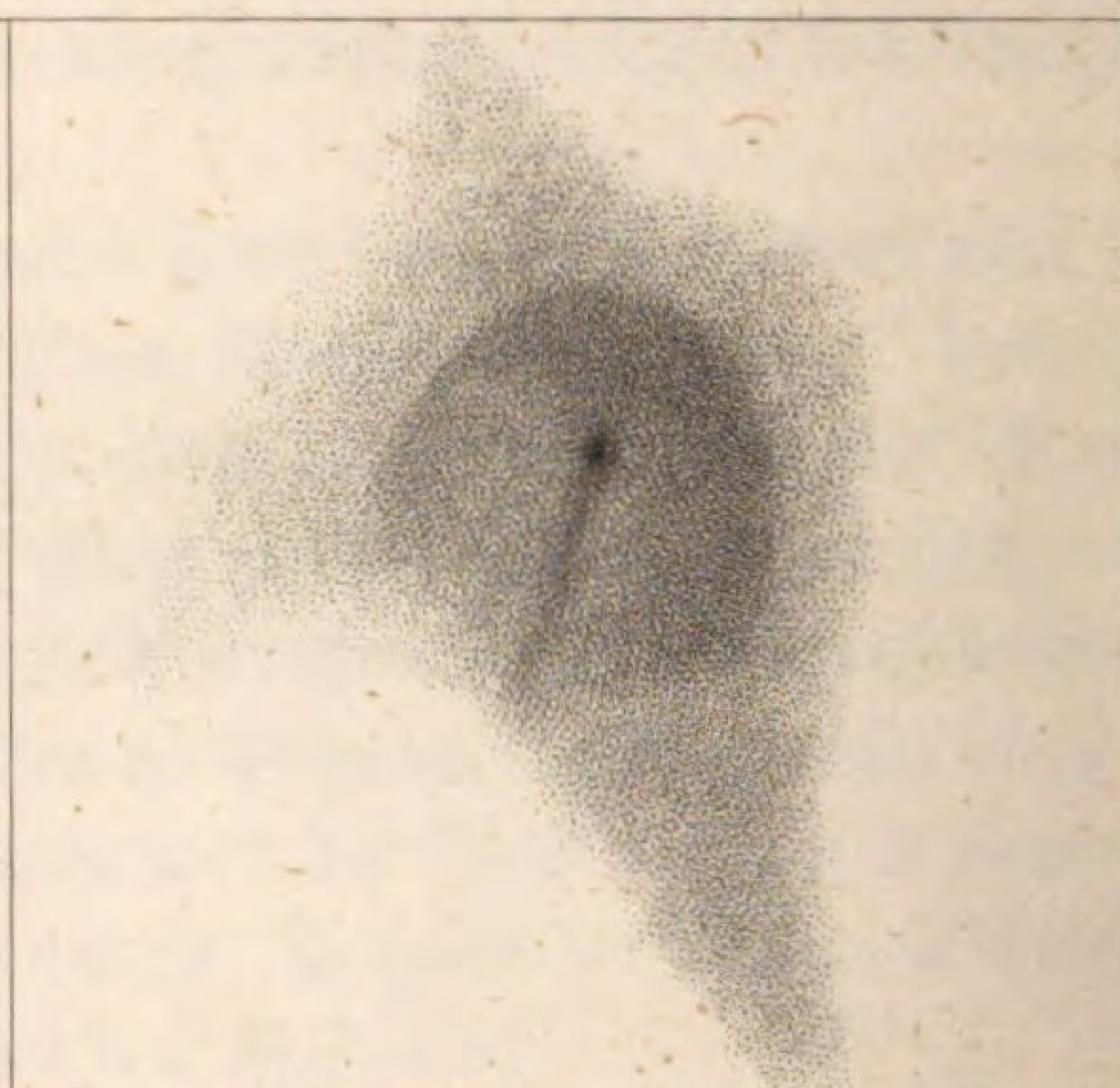


FIG. 192. Anblick des Halley'schen Kometen in einem 20 füss. Teleskope am 27. Jan. 1836.

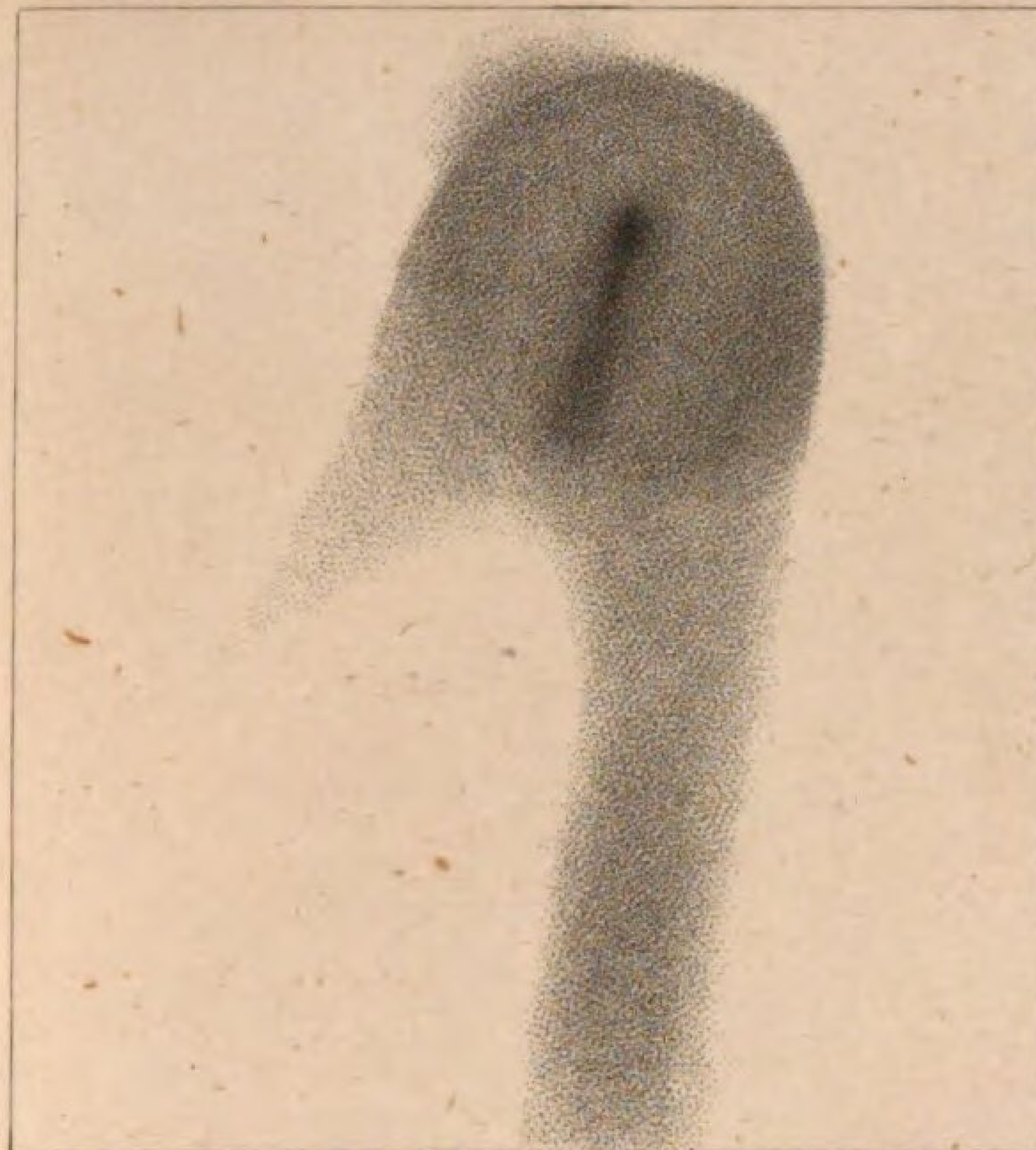


FIG.193. Anblick des Halley'schen Kometen in einem 20 füss. Teleskop am 28. Jan.1836.



FIG.194. Anblick des Halley'schen Kometen in einem 20 füss. Teleskop am 31. Jan.1836.

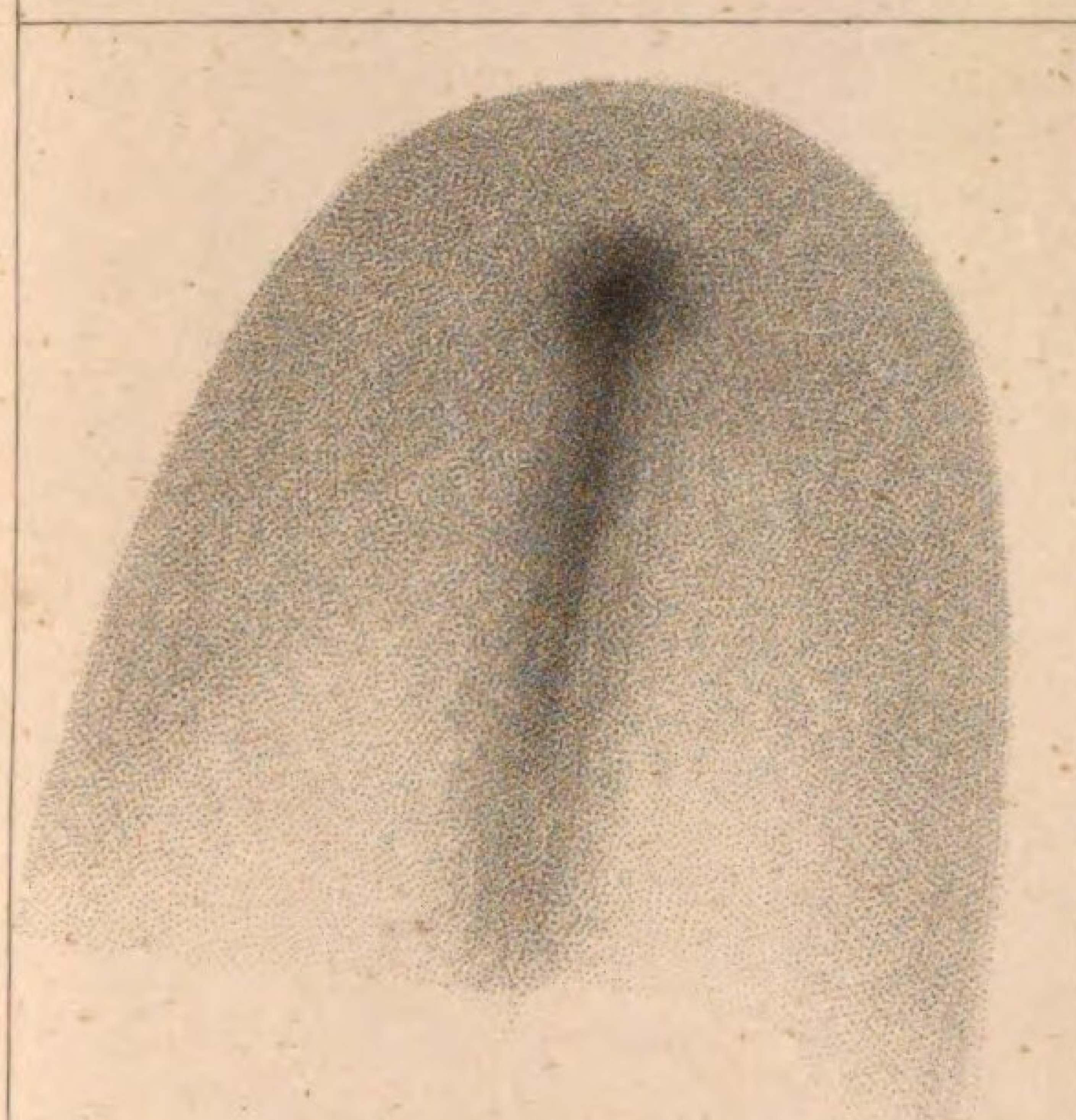


FIG.195. Anblick des Halley'schen Kometen in einem 20 füss. Teleskop am 6. Feb.1836.

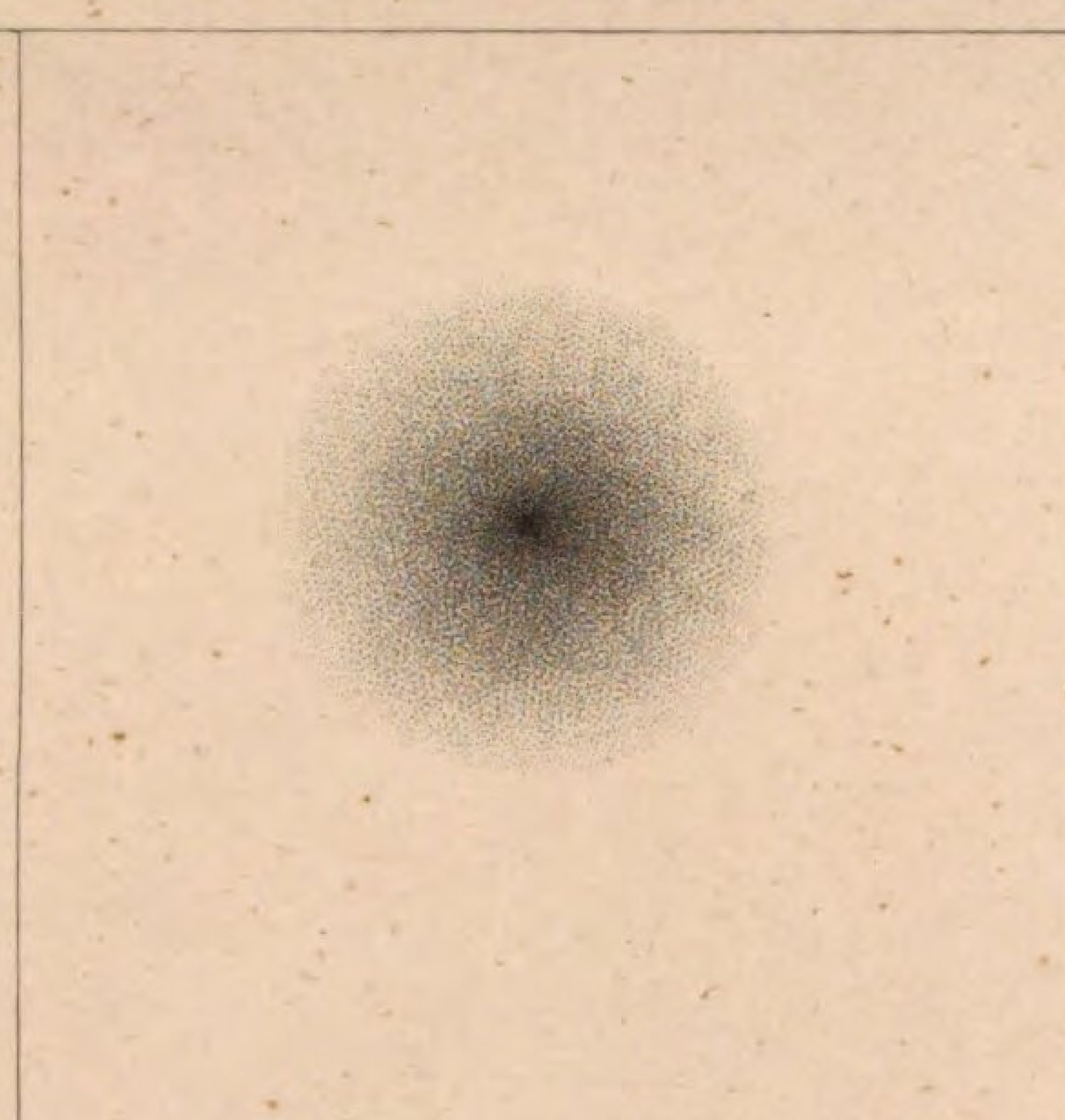


FIG.196. Anblick des Halley'schen Kometen in einem 20 füss. Teleskop am 3. Mai 1836.



FIG.197. Komet von 1819.

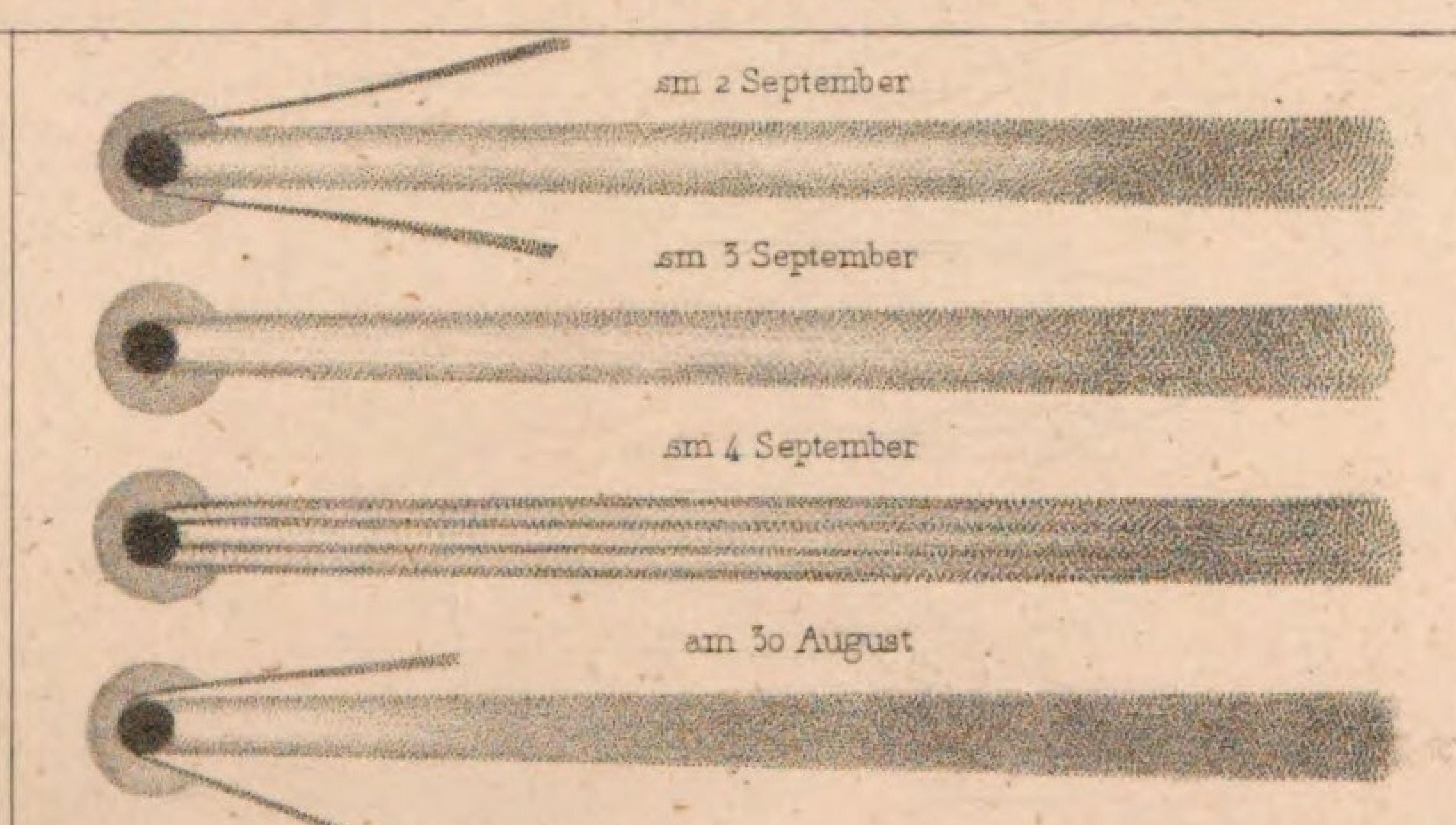


FIG.198. Komet von 1769 nach Messier's Zeichnungen.

Krause u. Eltzner sc. Leipzig.



FIG. 199. Encke'scher Komet am 19 Oct. 1838 nach Schwabe.



FIG. 200. Encke'scher Komet am 5 Nov. 1838 nach Schwabe.



FIG. 201. Encke'scher Komet am 10 Nov. 1838 nach Schwabe.



FIG. 202. Encke'scher Komet am 12 Nov. 1838 nach Schwabe.



FIG. 203. Encke'scher Komet am 13 Nov. 1838 nach Schwabe.

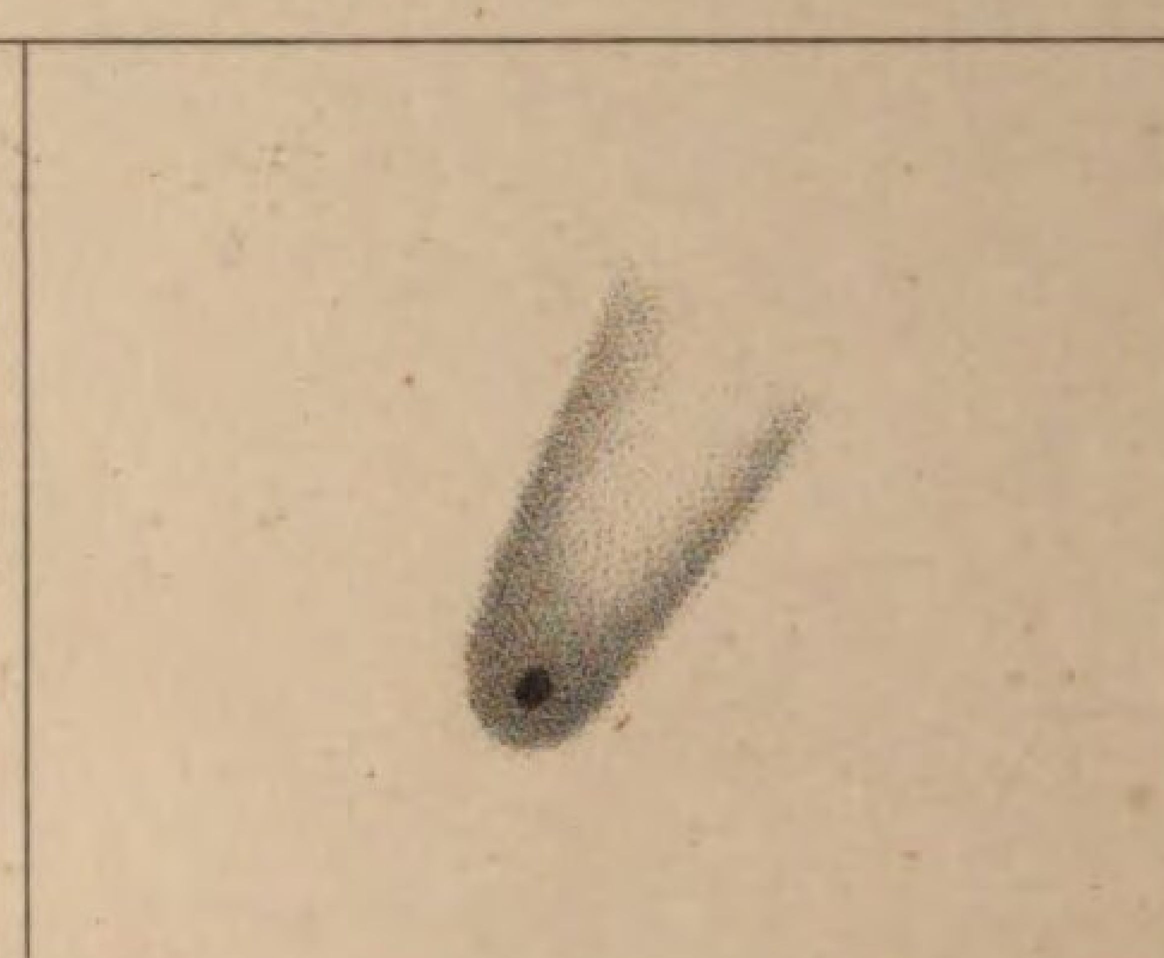


FIG. 204. Lichtbüschel des Halley'schen Kometen am 7 Oct. 1835 nach Schwabe.

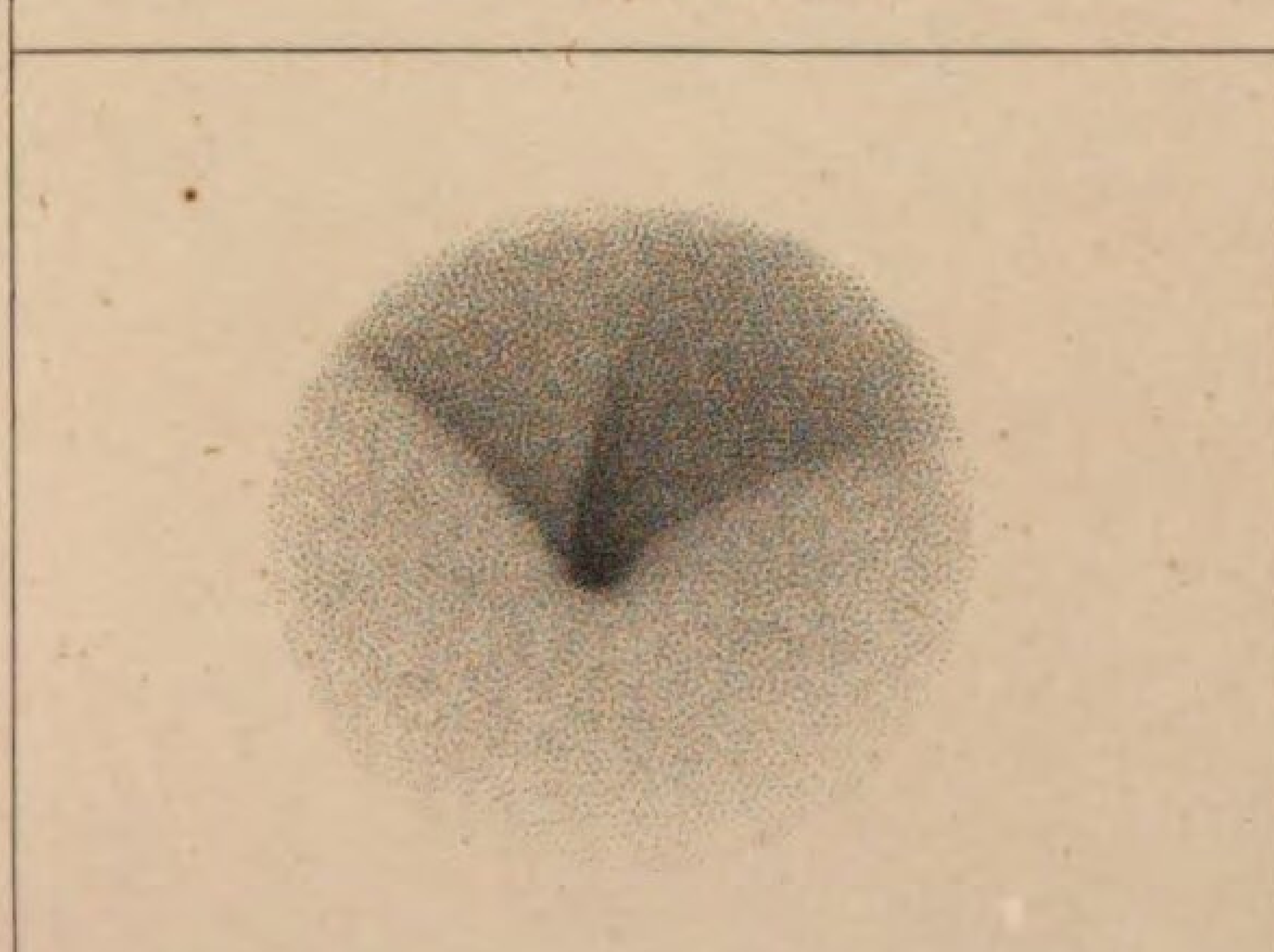


FIG. 205. Lichtbüschel des Halley'schen Kometen am 11 Oct. 1835 nach Schwabe.

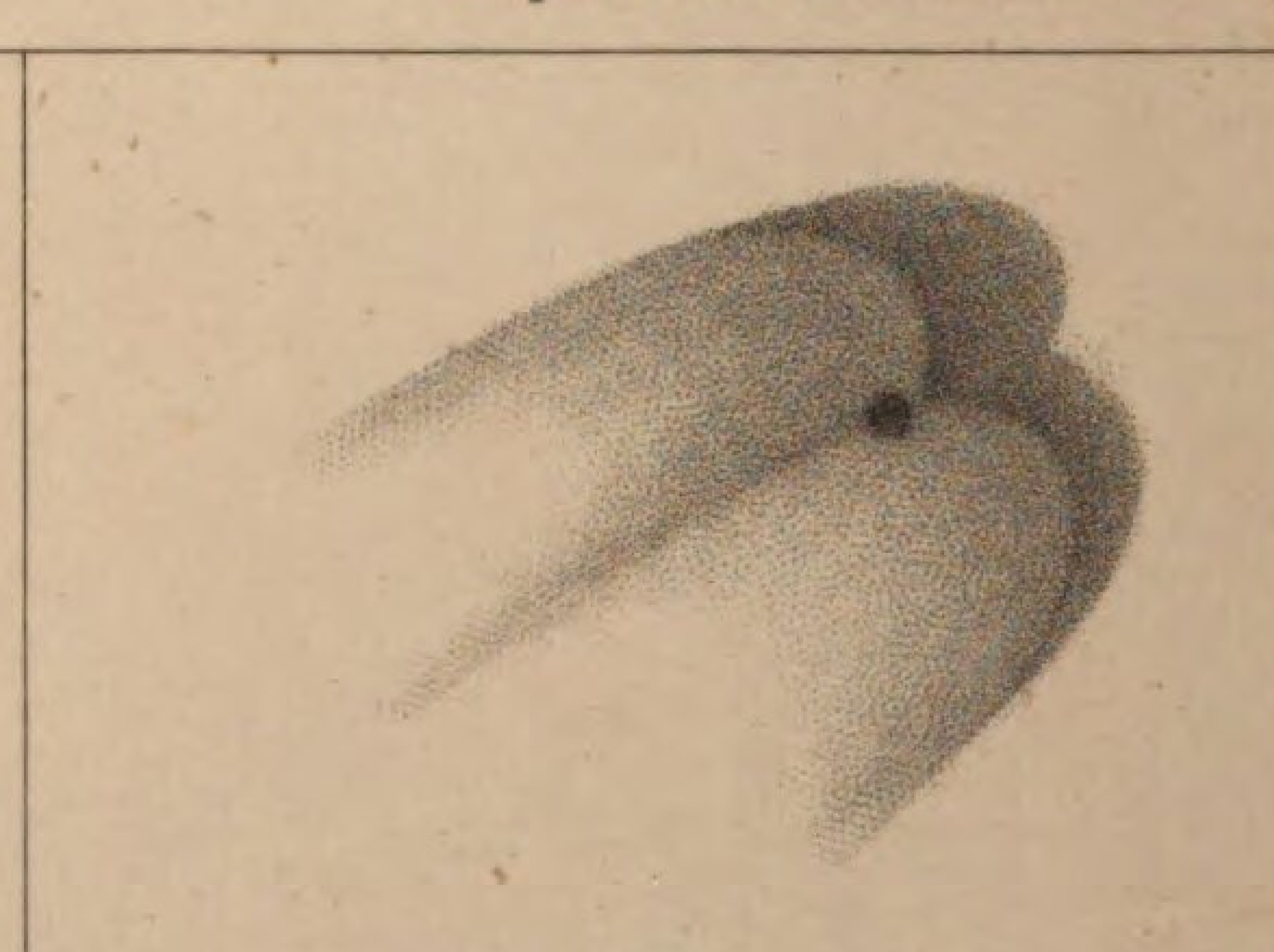


FIG. 206. Lichtbüschel des Halley'schen Kometen am 15 Oct. 1835 nach Schwabe.



FIG. 207. Lichtbüschel des Halley'schen Kometen am 21 Oct. 1835 nach Schwabe.



FIG. 208. Lichtbüschel des Halley'schen Kometen am 22 Oct. 1835 nach Schwabe.



FIG. 209. Lichtbüschel des Halley'schen Kometen am 26 Oct. 1835 nach Schwabe.

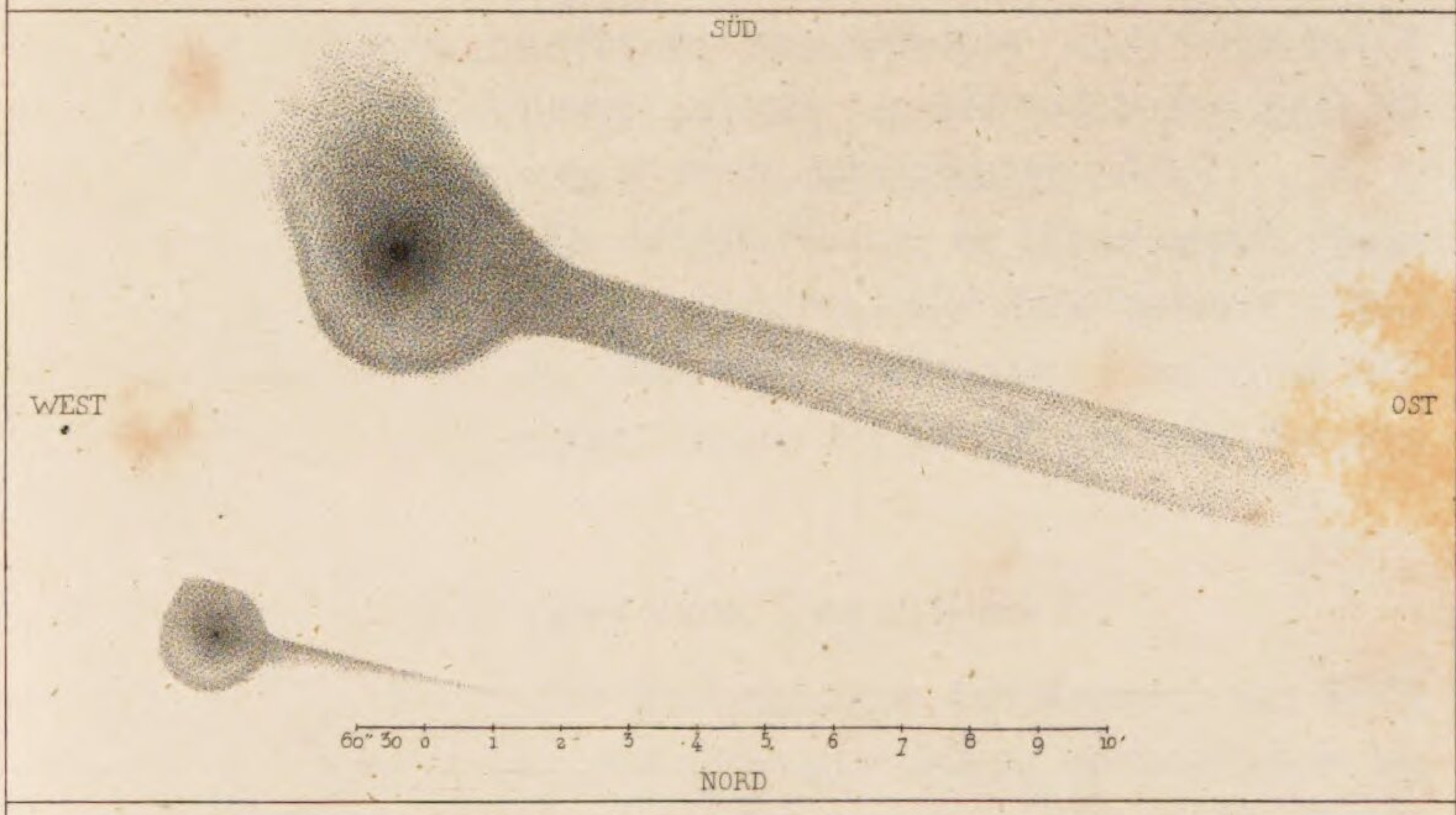


FIG. 211. Die beiden Theile des Biela'schen Kometen am 19 Febr. 1846 nach Struve.



FIG. 210. Lichtbüschel des Halley'schen Kometen am 26 Oct. 1835 nach Schwabe.



FIG. 212. Die beiden Theile des Biela'schen Kometen am 21 Febr. 1846 nach Struve.

Kometen, ohne daß das Licht des Sternes dadurch im Geringsten geschwächt war.

Folgende Nachricht entnehme ich einem Briefe von Pons. Am 21. August 1825 erschien der Mittelpunkt des Stierkometen (No. 145 im Verzeichnisse), der am 15. August entdeckt worden war, gerade vor einem Sterne fünfter Größe; Pons konnte indessen nicht bemerken, daß das Licht des Sternes dadurch abgeschwächt wurde.

Im Jahre 1825 bemerkte Valz einen Stern siebenter Größe in dem Augenblicke, wo er ohne zu verschwinden durch den Mittelpunkt vom Kerne des schönen Stierkometen hindurchschien. Der Stern wurde ein wenig schwächer, während zugleich der helle Theil des Kometen dergestalt an Licht verlor, daß er kaum wahrnehmbar blieb.

Am 7. November 1828 erblickte Struve in seinem großen Fernrohre den Kometen von kurzer Umlaufszeit mit einem ziemlich soliden Kerne, erkannte jedoch bald, daß dieser vermeintliche Kern nichts Anderes war als ein Stern eilfter Größe, der im Mittelpunkte des Kometen stand.

§. 3. Komet vom Jahre 1819.

Ich komme jetzt zu den Beobachtungen des Kometen von 1819 (No. 133 im Verzeichnisse), und werde untersuchen, ob dieselben in der That so beweiskräftig sind, wie man vorgegeben hat, um die Durchsichtigkeit des Kernes zu begründen.

Dieser Komet erschien in voller Helligkeit ganz plötzlich im Norden (Fig. 197, S. 336) zu Anfang Juli. Olbers bemerkte, als er die Bahn dieses Kometen berechnete, daß derselbe vor seinem Erscheinen, am Morgen des 26. Juni zwischen Erde und Sonne gestanden hatte, und auf der Sonnenscheibe von 5^h 39^m bis 9^h 18^m sichtbar gewesen sein mußte. Er forderte infolge dessen diejenigen Astronomen auf, welche in dieser Zwischenzeit von nahe drei Stunden zufälligerweise die Sonne konnten beobachtet haben, ihre Beobachtungen zu veröffentlichen. Zwar war keine der europäischen Sternwarten im Stande, Auskunft zu geben; aber ein einfacher Liebhaber der Astronomie, der General Lindener, damals Gouverneur der Festung Glatz, berichtete, er habe die Sonne um 5, 6 und 7 Uhr Morgens beobachtet, und sie

fleckenfrei gefunden. Und doch hatte der Komet um 5, 6 und 7 Uhr eine kleine, partielle Sonnenfinsterniß hervorbringen müssen. Es scheint hiernach, daß der Komet entweder vollkommen durchsichtig war, oder daß, wenn er einen dunkeln Kern enthielt, derselbe nur äußerst klein sein konnte. Indessen haben diese scheinbar unumgänglichen Folgerungen ihr ganzes Gewicht verloren, seitdem durch das Zeugniß mehrerer geübten Astronomen festgestellt wurde, daß an demselben 26. Juni, an dem Tage, wo Lindener keinen Flecken auf der Sonne erblickte, mehrere sehr kenntliche daselbst vorhanden waren [49]).

Jene Beobachtung des preußischen Generals läßt es also keineswegs als ausgemacht erscheinen, daß der Komet von 1819 in allen Theilen durchsichtig war; sie beweist vielmehr nur, daß der Gouverneur von Glatz entweder zu schwache Fernröhre benutzte, oder daß seine 77 Jahre sein Augenlicht bedeutend geschwächt hatten.

Im Jahre 1825 (also sehr lange Zeit nach Olbers' dringlicher Aufforderung) kündigte Pastorff an, daß er am 26. Juni 1819, um 8^h 26^m Morgens einen verwaschenen Flecken auf der Sonne bemerkte, der 84″5 im Durchmesser hielt, vollkommen rund war und in der Mitte einen hellleuchtenden Punkt zeigte: dieser Fleck, meinte er, sei der Komet gewesen [50]). Aus Pastorff's Beobachtung würde zunächst folgen, daß die Nebelhülle des Kometen wenig durchscheinend war. Um den leuchtenden Flecken zu erklären, müßte man ferner voraussetzen, entweder daß der Kern beträchtlich durchsichtiger war als die Nebelhülle, oder daß derselbe, wenn er undurchsichtig war, in einem eigenen Lichte leuchtete, welches heller war als der Theil des Sonnenlichtes, den die übrigen Theile des Kometen hindurchließen. Es bedarf nicht des Beweises, daß beide Folgerungen gleich unzulässig sind.

§. 4. Plötzliche Aenderungen, welche in der Constitution der Kerne eintreten.

Aus der Gesammtheit aller Beobachtungen, die angestellt wurden seit der Zeit, wo man die Kometen mit Hülfe von Fernröhren betrachtet hat, kann man, glaube ich, unbedenklich die Folgerung ziehen, daß der Kern, im Allgemeinen betrachtet, durchsichtig ist, und daß wenn in diesem Kerne ein fester und undurchsichtiger Theil existirt, derselbe

außerordentlich klein sein muß. Aber ist denn die Bildung bei allen Kometen dieselbe? Ueber diesen Punkt bleibt es allerdings gestattet, einigen Zweifel zu hegen.

Es gibt auch Kometen, welche anscheinend kernlos sind, und die in ihrer ganzen Ausdehnung dieselbe Helligkeit besitzen; dies sind höchst wahrscheinlich nur Ansammlungen gasförmiger Stoffe. Ein zweiter Grad der Verdichtung dieser Dünste hat im Mittelpunkte der Nebelmasse einen Kern hervorbringen können, der sich zwar durch Helligkeit seines Lichtes auszeichnen konnte, aber weil er noch flüssig war, sich äußerst durchsichtig zeigte. In einer späteren Zeit wird die gehörig erkaltete Flüssigkeit mit einer starren Kruste umgeben sein und von dem Augenblicke an wird alle Durchsichtigkeit des Kernes aufgehört haben. In diesem Falle wird das Dazwischentreten des Kometen zwischen Beobachter und Stern eine wirkliche Verfinsterung hervorbringen, die in Nichts von den täglich infolge der Bewegungen des Mondes und der Planeten eintretenden, verschieden ist. Daß es nicht auch solche Kometen der dritten Art, d. h. mit festem Kerne gebe, dafür ist durchaus kein Beweis vorhanden. Die große Mannigfaltigkeit in Gestalt und Glanz, in welcher sich die Kometen uns zeigen, berechtigt in dieser Hinsicht zu allen Annahmen, die man aufzustellen geneigt ist.

Diese Folgerungen über die physische Constitution bei der Mehrzahl der Kometenkerne finden ihre Bestätigung in den Beobachtungen, welche man am Kerne des Halley'schen Kometen bei seiner Erscheinung im Jahre 1835 angestellt hat. So finde ich in Bessel's Abhandlung nachfolgende Bemerkung: „Am 14. October hatte der Kern an Glanz abgenommen; mit einer neunzigfachen Vergrößerung verlor er das Ansehen eines festen Körpers."

Meinem auf der Sternwarte geführten Beobachtungsjournale entnehme ich folgende noch charakteristischere Bemerkungen: „Am 23. October war der Anblick so durchaus verändert, und der bisher so glänzende, deutliche, scharf begränzte Kern war jetzt so groß und verwaschen, daß ich an die Wirklichkeit einer so plötzlich eingetretenen Aenderung nicht glauben konnte, bevor ich mich überzeugt hatte, daß weder Ocular noch Objectiv der bei den Beobachtungen angewandten Fernröhre von Feuchtigkeit bedeckt waren."

„Am 26. August 1682," sind Lahire's Worte, „glich der Kern des Halley'schen Kometen noch einem Sterne zweiter Größe; aber am 11. September konnte man ihn kaum noch erkennen, so sehr verwaschen erschien der Komet."

§. 5. Größe der Kerne.

Gewöhnlich sind die Kerne nicht scharf begränzt. Beim Kometen von 1744 (No. 70 in unserm Verzeichnisse) schienen nicht alle Durchmesser gleich groß. Heinsius schätzte das Verhältniß des Durchmessers in der Richtung nach der Sonne zu dem kleinsten, der auf dieser Richtung senkrecht stand, wie 3 zu 2.

„Unter den 16 teleskopischen Kometen, die ich beobachtet habe," sagte William Herschel im Jahre 1807, „zeigten nur zwei eine Helligkeit in der Mitte; aber diese waren nicht scharf begränzt."

Nicht immer nehmen die Kerne den Mittelpunkt der kreisrunden Nebelmasse ein, sondern häufig liegen sie zwischen diesem Mittelpunkte und dem der Sonne zugewendeten Rande des Nebels. Mitunter bemerkt man sogar, daß der Kern von der Nebelmasse durch einen dunkeln Ring rundum getrennt ist.

Zum Schlusse dieses langen Kapitels theile ich die wirklichen Durchmesser mehrerer Kerne mit:

Komet von 1798 (No. 112 im Verzeichnisse)	5	geogr.	Meilen.
Komet vom December 1805 (zweite Erscheinung des Biela'schen Kometen) . . .	6	„	„
Komet von 1799 (No. 114 im Verzeichn.)	77	„	„
Großer Komet von 1811 (No. 124 im Verz.)	85	„	„
Komet von 1807 (No. 120 im Verz.) . .	111	„	„
Zweiter Komet von 1811 (No. 125 im Verz.)	544	„	„
Komet von 1819 (No. 133 im Verz.) . .	656	„	„
Erster Komet von 1847 (No. 179 im Verz.)	700	„	„
Erster Komet von 1780 (No. 91 im Verz.)	854	„	„
Großer Komet von 1843 (No. 164 im Verz.)	1000	„	„
Großer Komet von 1825 (No. 145 im Verz.)	1020	„	„
Komet von 1815 (No. 129 im Verz.) . .	1060	„	„
Dritter Komet von 1845 (No. 171 im Verz.)	1600	„	„

Zweiundzwanzigstes Kapitel.

Die Nebelhülle der Kometen.

In den meisten Fällen erscheint die Nebelhülle bei den Kometen kreisrund; ich sage in den meisten Fällen, denn mitunter ist der Rand nicht vollkommen scharf begränzt. Dies war nach Cassini z. B. der Fall bei dem Kometen von 1665 (No. 44 im Verzeichnisse) und 1682 (fünfte Erscheinung des Halley'schen Kometen), welche beide rund erschienen, und an ihren Rändern ebenso begränzt waren wie Jupiter.

Im Allgemeinen nimmt die Helligkeit der Nebelmasse zu von dem schlecht begränzten Rande aus bis zum Mittelpunkte hin.

Außerhalb des kreisförmigen Umfangs, welcher die Hauptnebelmasse begränzt, bemerkt man bisweilen einen, zwei und in einzelnen Fällen sogar drei sehr breite, leuchtende Ringe, welche voneinander durch verhältnißmäßig dunkle Räume getrennt sind, oder deren Licht kaum merklich ist. Man wird leicht einsehen, daß es in der That eine kugelförmige Hülle ist, welche in der Projection wie ein Kreisring erscheint. Von dieser nicht ganz einfachen Bildung des Kometenkörpers gewönne man eine klare Vorstellung, wenn man sich in unserer Atmosphäre, in drei verschiedenen Höhen, drei ununterbrochene Wolkenschichten dächte, welche um die ganze Erdkugel reichten. Nur müßte man, damit der Vergleich ganz genau würde, diese drei Schichten durchsichtig denken, und nichtsdestoweniger ihnen diejenigen optischen Eigenschaften lassen, welche sie gegenwärtig von der reinen, zwischen ihnen befindlichen Atmosphäre unterscheiden, d. h. man hätte sie sich stark lichtreflectirend zu denken.

Bei den Kometen von 1799 und 1807 (No. 114 und 120 des Verzeichnisses), betrugen diese leuchtenden Hüllen respective 4000 und 6000 geographische Meilen.

Die Durchmesser der merkwürdigsten Nebelmassen hatten bei den verschiedenen Kometen folgende Dimensionen:

Fünfter Komet von 1847 (No. 183) . .	3600	geogr. Meilen.
Erster Komet von 1847 (No. 179) . .	5100	„ „
Zweiter Komet von 1849 (No. 187) . .	10200	„ „
Brorsen's Komet von 1846 (No. 173) .	26000	„ „

Lexell'scher Komet (No. 85)	40800	geogr. Meilen.
Erster Komet von 1846 (No. 172) .	48600	„ „
Encke'scher Komet im Jahre 1828 . .	53000	„ „
Erster Komet von 1780 (No. 91) . .	53800	„ „
Halley'scher Komet (Erscheinung vom Jahre 1835)	71400	„ „
Großer Komet von 1811 (No. 124) .	225000	„ „

Hat der Komet nur einen einzigen Schweif, so scheint der Ring nur an der nach der Sonne hin belegenen Seite geschlossen zu sein; in der Regel ist dann nur ein Halbkreis vorhanden. Von den beiden Endpunkten dieses Halbkreises gehen diejenigen Strahlen aus, deren Verlängerungen den hellen Saum des Schweifes bilden. Eine Vorstellung hiervon gibt der Komet von 1819 (Fig. 197, S. 336).

Nachdem wir aus zahlreichen Beobachtungen schon erkannt haben, daß der eigentliche Kern im Allgemeinen durchsichtig ist, wäre es überflüssig, wenn ich noch beweisen wollte, daß der Mittelpunkt der Nebelmasse gleichfalls durchsichtig ist. Am häufigsten sind die Kometen ohne Kerne. Herschel schloß seine Beobachtungen des im Jahre 1807 sichtbaren Kometen mit folgender Bemerkung: „Von den 16 teleskopischen Kometen, die ich beobachtet habe, zeigten 14 nichts Auffälliges im Mittelpunkte."

Zahlreiche Kometen hat man, wie schon bemerkt, ganz ohne Kern gesehen; aber solange man Kometen aufmerksam mit Fernröhren untersucht, hat man noch keinen einzigen gesehen, der nicht mit jenem Nebel oder Dunste umgeben schien, welchen die Alten das Haar der Kometen nannten.

Durch eine außerordentlich feine Beobachtung hat Bessel bewiesen, daß der Halley'sche Komet das durch ihn hindurchgehende Licht in keiner merklichen Weise brach. Dies Resultat gründet sich auf den, mit dem schönen königsberger Heliometer gemessenen Winkelabstand zweier kleinen Sterne voneinander. Dieser Abstand blieb nämlich genau ebenso groß, als beide Sterne außerhalb des Nebels standen, und als der eine von beiden hinter den verschiedenen Theilen des Nebels in verschiedenen Entfernungen vom Kerne sich befand. Die hierbei von jenem berühmten Astronomen in Anwendung gebrachten

Mittel hätten eine Abweichung von nur einer Viertelsecunde schon leicht bemerklich gemacht [51]).

Die Nebelhülle des Halley'schen Kometen bei seiner Erscheinung im Jahre 1835 schien an derjenigen Seite, welche der Sonne zugewendet war, nicht regelmäßig begränzt, sondern zeigte an dieser Stelle eine unverkennbare Einbiegung. Dieser selben Erscheinung erwähnt Schwabe in seinen Beobachtungen mit folgenden Worten: „Der im Allgemeinen kreisförmige Nebel zeigte fortwährend eine sehr deutlich eingedrückte, zurücktretende Stelle an der der Sonne zunächstliegenden Seite."

Dreiundzwanzigstes Kapitel.

Ob in der den Kopf eines Kometen bildenden Masse innerhalb kurzer Zeiträume wirkliche Veränderungen eintreten?

Weil die neueren Astronomen hauptsächlich die Bewegung der Kometen ins Auge faßten, vielleicht auch weil sie sich von vorgefaßten theoretischen Ansichten blenden ließen, hatten sie eine äußerst merkwürdige Beobachtung vernachlässigt, die sich auf die Art der Größenänderung bei den Kometennebeln bezieht. Hevel, den in dieser Beziehung noch keine systematische Meinung einengte, sprach es zuerst klar aus, daß sich der wirkliche Durchmesser jener Nebelmasse mit wachsender Entfernung von der Sonne vergrößere. Diesem eigenthümlichen Resultate stimmte Newton nicht nur bei, sondern gab dafür auch einen physischen Grund an: seiner Ansicht zufolge müssen nämlich die Kometenköpfe kümmerlicher werden und an Umfang abnehmen während sie sich der Sonne nähern, weil, dies sind seine eigenen Worte, die Köpfe den Stoff für die Schweife hergeben müssen [52]). Und wenn umgekehrt, nach dem Periheldurchgange der Kometen, die Nebelmassen nicht ferner zur Bildung der Schweife beitragen müssen, indem letztere schon ihre größte Entwickelung erreicht haben, so nehmen sie nothwendig wiederum zu. Diese Erklärungsweise setzt stillschweigend voraus, daß der von der Kometenatmosphäre einmal losgetrennte Stoff sich rückwärts bewegen und mit dieser Atmosphäre wiedervereinigen kann, indem er

dieselben Millionen von Meilen abermals durchläuft, durch welche ihn eine abstoßende Kraft anfänglich fortgetrieben hatte.

Trotz der Zustimmung, welche Newton dieser Hevel'schen Entdeckung gab, scheint sie bis vor Kurzem kein Astronom für glaubwürdig gehalten zu haben; und da die Beobachtungen, auf welche sich die Entdeckung stützte, schwieriger Art sind, so konnte man in der That sich noch einen Zweifel darüber erlauben, daß eine gasförmige Masse sich ausdehnen könne, während sie sich von der Sonne entfernte oder in kältere Gegenden gelangte. Man dankt es dem Encke'schen Kometen, oder dem sogenannten Kometen von kurzer Umlaufszeit, daß gegenwärtig, wenigstens für die große Mehrzahl der Fälle, Hevel's wichtige Bemerkung zu den sichersten Thatsachen in der Wissenschaft gehört.

Folgende Tafel zeigt die Aenderungen, welche der wirkliche Durchmesser des Encke'schen Kometen im Jahre 1828 erlitten hat:

Tage.	Abstand d. Kom. von der Sonne.	Wahrer Durchm. d. Nebelmasse in Tausenden von Meilen.
28. October	1,46	65
7. November	1,32	53
30. November	0,97	24
7. December	0,85	16
14. December	0,73	9
24. December	0,54	2,5

Am 28. October war der Komet fast drei Mal weiter von der Sonne entfernt, als am 24. December, und dennoch war an jenem Tage der wirkliche Durchmesser des Nebels etwa 26 Mal größer als an diesem. Dasselbe Resultat läßt sich übrigens auch so ausdrücken, daß man sagt, der körperliche Inhalt des Kometen sei in der Zeit vom 28. October bis zum 24. December etwa auf den sechzehntausendsten Theil seiner ursprünglichen Größe zusammengeschrumpft, in der Art, daß während der ganzen Dauer der Abnahme der kleinere Inhalt stets den geringern Entfernungen des Kometen von der Sonne entsprach. Weil ich im Vorhergehenden der Erklärung erwähnt habe, welche Newton von dieser Volumenänderung gegeben, so darf ich hier nicht unterlassen hinzuzufügen, daß man am Kometen von kurzer Umlaufszeit einen eigentlichen Schweif niemals wahrgenommen hat.

Die Figuren 199, 200, 201, 202 und 203 (S. 336) zeigen

nach Schwabe die Gestalt des Encke'schen Kometen bei seiner Wiederkunft im Jahre 1838, als der Komet am 19. December seine Sonnennähe erreichte. Diese Zeichnungen sind mit einem sechsfüßigen Fernrohre, mit nur 30 Mal vergrößerndem Oculare gemacht, und zeigen deutlich die erwähnten Volumenänderungen. Berücksichtigt man dabei die Abnahme der Entfernung des Kometen von der Erde, so führt die Zunahme des scheinbaren Durchmessers, den die Zeichnungen ergeben, auf eine Abnahme des wahren Durchmessers, wie man aus folgender Tafel erkennt:

Tage.	Abstand d. Kom. von der Sonne.	Wahrer Durchm. d. Nebelmasse in Tausenden von Meilen.
9. October	1,42	56
25. October	1,19	24
6. November	1,00	16
13. November	0,88	15
16. November	0,83	12,5
20. November	0,76	11
23. November	0,71	7,5
24. November	0,69	6
12. December	0,39	1,3
14. December	0,36	1,1
16. December	0,35	0,8
17. December	0,34	0,6

Bei den Kometen von 1618 und von 1807 (No. 40 und 120 in unserem Verzeichnisse) haben sich Erscheinungen gezeigt, die denen ganz analog sind, welche der Komet von kurzer Umlaufszeit aufweist.

Um diese Volumenänderungen zu erklären, nimmt Valz an, der Aether bilde um die Sonne herum eine ordentliche Atmosphäre, in welcher, gerade wie es in unserer Atmosphäre mit der gewöhnlichen Luft geschieht, die unteren Schichten um so stärkeren Druck erleiden, und um so dichter sind, je zahlreicher die über ihnen befindlichen Schichten. Er stellt sich nun vor, der Komet müsse, indem er diese Schichten durchläuft, einen ihrer Dichtigkeit proportionalen Druck erleiden: eine Annahme, der durchaus keine Schwierigkeit entgegenstände, sobald man zugeben könnte, daß die äußere Hülle der Nebelmasse dem Aether gegenüber undurchdringlich ist, den man sich doch im ganzen Weltenraume verbreitet denkt[53]. Allgemein bekannt ist die Thatsache,

daß eine am Fuße eines Berges mit Luft gefüllte Blase beim Aufsteigen mehr und mehr anschwillt; daß sie sogar zerreißt, wenn man hoch genug damit steigt. Wo findet man aber, rundum um die Nebelmasse ausgebreitet, jene Haut, die doch nöthig wäre, wenn man den Vergleich mit einer Blase anstellen will, und welche den Aether verhindern müßte, von allen Seiten in den Kometen einzudringen und ihn bis in seine kleinsten Theile zu erfüllen? Augenblicklich scheint diese Schwierigkeit unübersteiglich, und dieser Umstand ist um so lebhafter zu bedauern, weil Valz durch seine sinnreiche Hypothese auf ein Gesetz geführt wurde, welches die Volumenänderungen der Nebelmasse sowohl für den Kometen von kurzer Umlaufszeit, als auch für den Kometen von 1618 mit wirklich außerordentlicher Genauigkeit darstellt.

Unbemerkt darf ich es nicht lassen, daß einige Kometen, ebenso zuverlässigen Beobachtungen zufolge, Volumenänderungen gezeigt haben, welche den jetzt besprochenen gerade entgegengesetzt waren.

Nach den bisher betrachteten Aenderungen, welche die Nebelhüllen im Ganzen betrafen, sind die merkwürdigen Phänomene zu erwähnen, welche Heinsius am Kopfe des Kometen von 1744 (No. 70 des Verzeichnisses) wahrnahm, und ebenso diejenigen Erscheinungen, welche man in neuerer Zeit an (ich sage absichtlich nicht in) der Nebelmasse des Halley'schen Kometen während seiner letzten Erscheinung im Jahre 1835 beobachtet hat.

Am 5. Januar bemerkte Heinsius nichts Außergewöhnliches an der Nebelmasse des Kometen von 1744; aber am 25. entdeckte er einen hellen, dreieckigen Büschel, dessen Spitze am Kerne endigte, und dessen Oeffnung der Sonne zugekehrt war. Die Ränder dieses Büschels schienen der Art gekrümmt, als wenn sie durch Einwirkung der Sonne von innen nach außen gestoßen wären. Am 2. Februar bildeten dieselben, noch stärker gekrümmten Ränder die beiden Seiten eines Schweifanfanges, der in den nächstfolgenden Tagen deutlicher hervortrat.

Am 15. October 1835 richtete ich das neunzöllige Fernrohr der pariser Sternwarte mit starker Vergrößerung auf den Halley'schen Kometen. Auf der kreisrunden Nebelmasse, welche man oft das Haar des Kometen nennt, bemerkte ich etwas südlich von dem dem Schweife

diametral gegenüberliegenden Punkte einen Sector oder Ausschnitt, der zwischen zwei geraden, nach dem Mittelpunkte gerichteten Linien, die sich aber nicht bis an den Rand des Kopfes erstreckten, eingeschlossen lag. Dieser Ausschnitt übertraf an Helligkeit die ganze übrige Nebelmasse, und seine beiden Gränzlinien waren vollkommen bestimmt.

Am nächstfolgenden Tage, 16. October nach Sonnenuntergang, bemerkte ich, daß der Sector vom 15. verschwunden war, daß aber an einer andern Stelle des Kopfes, und zwar diesmal nördlich von dem der Axe des Schweifes diametral gegenüberstehenden Punkte, ein neuer Sector entstanden war. Diesen Namen gebe ich ihm unbedenklich, wegen des Ortes wo er sich befand, wegen seiner ungemeinen Helligkeit, der großen Bestimmtheit seiner glänzenden Radien und endlich wegen seiner großen, 90 Grade übersteigenden Winkelöffnung.

Am 17. war der Sector vom vorigen Abend noch vorhanden; Gestalt und Richtung hatte er nicht merklich geändert, aber er war beträchtlich lichtschwächer.

Am 18. war die Abschwächung noch weiter fortgeschritten.

Der 19. und 20. brachten ganz bedeckten Himmel.

Am 21., 6¾ Uhr Abends, erkannte ich in der Nebelmasse drei gesonderte, helle Sectoren: der schwächste von ihnen, der zugleich die geringste Oeffnung hatte, lag auf der Verlängerung des Schweifs.

Am 23. sah man kaum noch merkliche Spuren von diesen Sectoren. Betrachtete man die ganze Nebelmasse, so war die östliche Seite vielleicht nicht ausgedehnter als die westliche, war aber bestimmt heller als diese.

Nachdem ich diese Beobachtungen im Jahre 1835 bekannt gemacht hatte, theilte Schwabe zu Dessau der pariser Akademie der Wissenschaften eine handschriftliche Abhandlung mit, die von sehr schönen Zeichnungen begleitet war. Der Gegenstand ist so wichtig, daß ich den hauptsächlichen Inhalt dieser Abhandlung hier einschalten will.

Am 7. October bemerkte man an der dem Hauptschweife gegenüberliegenden Stelle einen Sector oder Büschel *), der lichtstärker war

*) Es ist mir nicht einleuchtend, aus welchem Grunde der Verfasser diesen Büschel einen zweiten Schweif nennt; denn dieser angebliche zweite Schweif reichte, wie wir gesehen haben, nicht über den Kopf hinaus.

als die übrige Nebelmasse (Fig. 204, S. 336); am 8. und 10. war das Ansehen unverändert geblieben, bis auf eine geringe Abnahme der Helligkeit.

Am 11. waren alle an den vorhergehenden Tagen wahrgenommenen auffälligen Erscheinungen noch deutlicher hervorgetreten; die den Büschel begränzenden Radien machten einen größeren Winkel untereinander; auch erkannte man einen dritten Radius (Fig. 205).

Am 15. erschien der Komet außerordentlich glänzend. Jene beiden, den Büschel begränzenden Radien vereinigten sich nicht an dem der Sonne zunächstgelegenen Punkte des Kernes, sondern trafen jenseit aufeinander, dergestalt daß der ganze Kern innerhalb des Büschels lag, welcher sich wie ein Fächer auf der Seite nach der Sonne hin ausbreitete (Fig. 206).

Am 21. October war der Büschel merklich schwächer geworden (Fig. 207).

Am 22. October waren die beiden Radien, welche die Gränzlinien des Hauptbüschels bildeten, stark gekrümmt und wendeten sich ihre concaven Seiten zu; zwischen diesen beiden bemerkte man einen dritten, etwas kürzeren Radius (Fig. 208).

Am 23. October zeigten sich drei neue Radien zwischen den beiden äußersten; letztere waren noch stärker gebogen als am 21., denn ihre Endpunkte waren weiter von der Sonne entfernt als der Kern (Fig. 209).

Am 25. October war der Anblick derselbe wie am 23.

Am 26. October erkannte man, nach Eintritt der Nacht, fünf Radien (Fig. 210).

Nach einem mir aus Irland zugekommenen Briefe, bemerkte auch Herr Cooper auf seiner Sternwarte zu Markree am 19. October leuchtende Sectoren oder Büschel; an Helligkeit und Aussehen glichen sie denjenigen, welche man zu Paris am 15. und 16. desselben Monats beobachtet hatte.

Am 22. erreichten, nach Angabe des irländischen Astronomen, die Gränzradien des Büschels, die in entgegengesetzter Richtung gekrümmt waren, den Rand des Kopfes an der von der Sonne abgewendeten Halbkugel.

Am 24. waren diese Radien, nachdem sie, um mich dieses Ausdrucks zu bedienen, ihre Bewegung weiter fortgesetzt hatten, so stark zurückgebogen, daß sie sich außerhalb des Kopfes, und zwar auf der von der Sonne abgewendeten Seite durchkreuzten.

Am 10. November endlich schien der Büschel die Gestalt vom 22. October wieder angenommen zu haben.

Ich füge noch hinzu, daß einer Mittheilung zufolge, welche mir Amici, der Director der Sternwarte zu Florenz, gemacht hat, dieser Astronom am 23. October sechs sehr lebhaft leuchtende Radien erkannte, welche divergirend vom Kerne ausgingen und ungleich weit sich in den Nebel erstreckten. An den folgenden Tagen waren diese Radien verschwunden.

Diese merkwürdigen Erscheinungen, welche ich im Vorhergehenden schilderte, haben Bessel, dem damaligen Director der königsberger Sternwarte zu einer sehr gelehrten Abhandlung Veranlassung gegeben. Die Erörterung seiner eigenen Beobachtungen leitet diesen sehr ausgezeichneten Astronomen zu nachfolgendem Schlusse: Die Axe des leuchtenden Sectors entfernte sich jedes Mal sehr beträchtlich, nach der einen oder der andern Seite hin, von der Richtung nach der Sonne, kehrte aber stets in diese Richtung zurück, um sich auf die entgegengesetzte Seite zu wenden. Er findet die Zeitdauer dieser schwingenden Bewegung 4,6 Tage, und die Winkelweite des Ausschlages 60 Grade[54]).

Trotz der wohlverdienten Hochachtung, welche jeder Astronom unfehlbar für Bessel's Arbeiten hegen muß, darf ich mich nicht enthalten darauf aufmerksam zu machen, daß am 13. October, an dem Tage, wo der königsberger Beobachter keine Spur eines leuchtenden Sectors erkannte, Amici in Florenz fünf solcher Sectoren deutlich wahrnahm. Außerdem bemerke ich noch, daß am 15., als der Sector in Königsberg äußerst schwach wahrgenommen wurde, derselbe zu Paris leicht zu erkennen war, und daß, was nicht weniger bemerkenswerth ist, Bessel am 22. October nur einen Büschel sah, während Schwabe deren zwei bemerkte; endlich daß man am 25. October in Dessau ebenfalls zwei Büschel erkannte, während in Königsberg keine Spur davon vorhanden war.

Wäre hier die Rede von einem weniger geschickten und weniger

sorgfältigen Beobachter, so würde ich der Meinung sein, daß nach den Unterschieden, welche an demselben Abend für verschiedene Orte im physischen Aussehen des Kometen bestehen, es nicht unmöglich ist, daß nicht immer derselbe Punkt desselben Sectors eingestellt wurde, und daß das Resultat dieser Umstände wegen etwas zweifelhaft erscheinen muß, obgleich dasselbe allerdings in den Beobachtungen einer und derselben Nacht seine Bestätigung fand.

Die eigenthümlichen Gestaltänderungen, von denen ich in diesem Kapitel berichtet habe, fügen noch neue Schwierigkeiten zu einer Aufgabe hinzu, welche an sich wohl schon verwickelt genug war. Will man alle diese Umstände erklären, so darf man nicht übersehen, daß jene Sectoren, welche so plötzlich verschwanden und wieder zum Vorschein kamen, eine Größe von hunderttausend geographischen Meilen besaßen. Diese so klaren und so bestimmten Ergebnisse werden für jede aufzustellende Erklärungsweise den wichtigsten Prüfstein bieten. „Eine Theorie", pflegte Voltaire zu sagen, „ist wie eine Maus: durch neun Löcher ist sie gelaufen, aber im zehnten fängt sie sich." Dieser etwas lächerliche Vergleich ist dennoch sehr sinnreich: man vermehre nur die Anzahl der Löcher, durch welche die Maus hindurch muß, oder, um den Vergleich fallen zu lassen, man vermehre die Anzahl der Prüfungen, denen die Theorie unterzogen wird, so hat man das sicherste Mittel, die Wissenschaften festen Schrittes weiterzuführen.

Vierundzwanzigstes Kapitel.

Ob sichere Beispiele vorliegen von der Trennung eines Kometen in mehrere Theile?

Demokrit glaubte gesehen zu haben, wie sich ein Komet theilte und gewissermaßen in eine große Anzahl kleiner Sterne auflöste.

Nach Ephorus, einem griechischen Geschichtschreiber, soll sich der Komet vom Jahre 371 vor Chr. in zwei Gestirne getheilt haben, von denen jedes seinen eigenen Weg verfolgte. Allerdings zieht Seneca die Wahrheit dieser Aussage in Zweifel, aber Keppler, der in solchen

Dingen ein besserer Richter ist, vertheidigt jenen Geschichtschreiber aufs Wärmste. Er glaubte in der That selbst, daß eine ähnliche Trennung stattgefunden habe beim zweiten Kometen von 1618 (No. 40 im Verzeichnisse). Unser gelehrter Kometograph Pingré wendete auf ihn bei dieser Gelegenheit, um Keppler's Leichtgläubigkei zu tadeln, die Worte des Horaz an:

Selbst der gute Homer versinkt bisweilen in Schlummer*).

Dennoch folgte diese Theilung des Kometen von 1618 in mehrere Bruchstücke aus directen Beobachtungen des Pater Cysat, Vendelinus und Scheiner, aber wegen der Schwierigkeit, welche die Erklärung der Erscheinung bietet, wurde dieselbe bis in die neuesten Zeiten als eine Täuschung angesehen. Erst im Jahre 1846, als sich der Biela'sche Komet von $6^3/_4$ Jahren Umlaufszeit unter den Augen der mit Fernröhren bewaffneten Astronomen in zwei gesonderte Gestirne getheilt hatte, fing man an, die mehr oder weniger analogen Andeutungen sorgfältig zu sammeln, welche man in den älteren Kometographieen antrifft.

Nach Eduard Biot's Uebersetzung reden die chinesischen Astronomen von „drei gekuppelten" Kometen, die im Jahre 896 erschienen und ihre Bahnen gemeinschaftlich durchliefen[55]).

„Der Kern des Kometen von 1652 (No. 41 im Verzeichnisse) zertheilte sich," berichtet Hevel, „in vier oder fünf Theile, welche etwas dichter zu sein schienen, als der übrige Theil des Kometen."

Aehnliche Andeutungen führt der berühmte danziger Astronom auf bei Gelegenheit der Kometen von 1661 und 1664 (No. 42 und 43 in unserm Verzeichnisse).

Hören wir die sichern Berichte über die Beobachtungen am Kometen von 1618.

Figueroes zu Ispahan, Blanchanus zu Parma, die Jesuiten zu Goa und Keppler zu Linz haben gleichzeitig und in derselben Gegend des Himmels zwei Kometen gesehen. Beide bewegten sich gegen Norden; der zweite erschien plötzlich, nachdem man den ersten schon mehrere Wochen hindurch beobachtet hatte.

---

*) Quandoque bonus dormitat Homerus. Ars poet.

Diese Beobachtungen, sieht man leicht, fügen sich nicht in die willkürliche Erklärung, welche Pingré davon in seiner Kometographie gibt, und stehen gänzlich außer Zusammenhang mit angeblichen Wolkenbildungen oder mangelhafter Durchsichtigkeit der Atmosphäre. Ist Keppler nicht in vollem Rechte, wenn er die Frage aufwirft, ob es nicht genüge, daß Etwas thatsächlich vorhanden sei, damit es angenommen werde, auch wenn man nicht im Stande ist, eine Erklärung dafür aufzustellen? Auch Seneca's spöttische Frage, warum wohl Niemand zwei Kometen sich zu einem vereinigen gesehen habe, kann nicht als Erklärungsgrund gelten. Gerade in einer Zeit, wo man den Versuch gemacht hat, die große Anzahl der kleinen Planeten zwischen Mars und Jupiter als Fragmente eines einzigen, zersprungenen Planeten zu erklären, muß sich das Interesse der Astronomen nothwendig dem Beispiele eines Kometen zuwenden, der wie der Biela'sche vor unsern Augen sich in zwei Hälften gespalten hat, die ganz verschiedene Laufbahnen verfolgthaben.

„Am 19. December 1845," schreibt mein Freund Alexander von Humboldt im dritten Bande des Kosmos[56]), „hatte Hind in dem ungetheilten Kometen schon eine Art Protuberanz gegen Norden bemerkt; aber am 21. war noch (nach Encke's Beobachtung in Berlin) von einer Trennung Nichts zu sehen. Die schon erfolgte Trennung wurde in Nordamerika zuerst am 29. December 1845, in Europa erst um die Mitte und das Ende Januar 1846 erkannt. Der neue kleinere Komet ging nördlich voran. Die Lichtstärke wechselte: so daß der allmälig wachsende Neben-Komet eine Zeitlang den Haupt-Kometen an Lichtstärke übertraf. Die Nebelhüllen, welche jeden der Kerne umgaben, hatten keine bestimmten Umrisse: die des größeren Kometen zeigte sogar gegen SSW eine lichtschwache Anschwellung; aber der Himmelsraum zwischen den beiden Kometen wurde von Struve in Pulkowa ganz nebelfrei gesehen. Einige Tage später hat Lieut. Maury in Washington in einem neunzölligen münchener Refractor Strahlen bemerkt, welche der größere, ältere Komet dem kleineren, neuen zusandte: so daß wie eine brückenartige Verbindung eine Zeit lang entstand. Am 24. März war der kleinere Komet wegen zunehmender Lichtschwäche kaum noch zu erkennen. Man sah nur noch den größeren bis zum 16. und 20. April, wo dann auch dieser verschwand."

Am 19. Februar 1846 sah Struve zuerst den Kometen doppelt, und konnte bei sehr reiner Luft eine Zeichnung entwerfen (Fig. 211), welche sich auf genaue Beobachtungen gründet. Zwei Tage später, am 21. Februar, konnte er, freilich bei weniger günstigem Himmel, eine zweite Zeichnung davon entwerfen (Fig. 212). Die Entfernung der beiden Kerne, welche bei der ersten Beobachtung 6′ 7″ gewesen war, betrug in der zweiten schon 6′ 33″; am 4. März war diese Entfernung 7′ 20″, am 23. März 13′ 32″. Diese Zahlen geben allerdings nicht die wahren, sondern nur die scheinbaren Verhältnisse der Entfernungen zwischen beiden Kernen, weil die Entfernung von der Erde sich unterdessen geändert hatte. Man wird die wahren Abstände der Kerne, wie sie Plantamour berechnet hat, nicht ungern an dieser Stelle finden:

1846.	Geogr. Meilen.
10. Februar	30130
17. Februar	30885
26. Februar	31495
3. März	31625
16. März	31330
22. März	31015

Hiernach hat die größte gegenseitige Entfernung beider Köpfe am 3. März 1846 stattgefunden: sie betrug etwa zwei Drittel der Entfernung des Mondes von der Erde [57]).

Bereits im 8. Kapitel (S. 264) habe ich erwähnt, daß Prof. Secchi zu Rom am 26. September 1852 die Wiederkehr beider Theile des Biela'schen Kometen zuerst wahrgenommen hat. Damals betrug der Abstand beider Kerne etwa 250000 Meilen [58]).

Es ist sehr zu beklagen, daß die Thatsache der Trennung beider Theile des Kometen im Jahre 1846 nicht selbst beobachtet worden ist, denn gewiß wäre es vom höchsten Interesse gewesen, Zuschauer eines solchen Ereignisses zu sein, alle dabei auftretenden Umstände anzumerken und auch eine Zeichnung des Kometen vor der Theilung zu entwerfen. Immerhin bleibt das Entstehen neuer Körper im Sonnensysteme durch Theilung nichtsdestoweniger eine Thatsache, die von der höchsten Wichtigkeit und ganz zweifellos ist [59]).

Fünfundzwanzigstes Kapitel.

Gestalt und physische Beschaffenheit der Kometenschweife.

Die langen, leuchtenden Streifen, welche die Kometen häufig begleiten, werden Schweife genannt, wie ich schon oben bemerkte (2. Kap. S. 235). Mit Rücksicht auf die Form, in der diese Schweife meistens erscheinen, heißen sie bei den Chinesen, wie Biot erzählt, Besen. Demselben Sinologen zufolge hatten die Astronomen des Himmlischen Reiches schon im Jahre 837 unserer Zeitrechnung die Bemerkung gemacht, daß der Schweif von der Sonne abgewendet ist, während bei den neueren Astronomen diese Entdeckung erst im Jahre 1531 von Peter Apian gemacht wurde [60]). Doch muß ich sogleich bemerken, daß man diese Beobachtung oft in allzu buchstäblichem Sinne genommen hat: fast niemals fällt die Linie, welche Komet und Sonne verbindet, genau mit der Axe des Schweifes zusammen. Die Abweichung ist mitunter recht erheblich, ja man kann Fälle anführen, in denen diese beiden Linien miteinander einen rechten Winkel machten. Hierbei hat sich im Allgemeinen ergeben, daß der Schweif nach derjenigen Richtung hin abweicht, aus welcher der Komet herkommt; es ist also genau so, als ob die Schweifmaterie bei der Fortbewegung in einem gasförmigen Mittel mehr Widerstand erlitte als der Kern. Und wenn man nun erfährt, daß die Zurückbeugung um so größer wird, je weiter vom Kopfe entfernte Punkte des Schweifes man betrachtet, so möchte man fast der Meinung sein, obiger Ausspruch enthalte mehr als eine bloße Vergleichung. Die Unterschiede dieser Zurückbeugung werden mitunter so stark, daß der ganze Schweif dadurch stark gekrümmt wird; bildete doch der Schweif des Kometen vom Jahre 1744 im Raume weniger Grade fast einen Quadranten. Die Nebelmaterie war gehäufter und dichter und der Schweif mithin heller und besser begränzt an der convexen Seite, d. h. dorthin wo die Bewegung gerichtet war, als an der entgegengesetzten Seite.

Meist erweitern sich die einfachen Schweife gegen das Ende hin, und werden in der Mitte durch einen dunkleren Streif getrennt, der sie in zwei, fast gleiche Theile sondert; die Ränder selbst scheinen verhältnißmäßig beträchtlich heller.

Eine gründliche Erwägung dieser Beobachtungsresultate hat zu einer ganz eigenthümlichen, aber, wie es scheint, unvermeidlichen Folgerung geführt, zu der Annahme nämlich, daß der Schweif entweder ein hohler Kegel (Fig. 213) oder ein hohler Cylinder ist (Fig. 214), dessen Wände eine bestimmte Dicke besitzen.

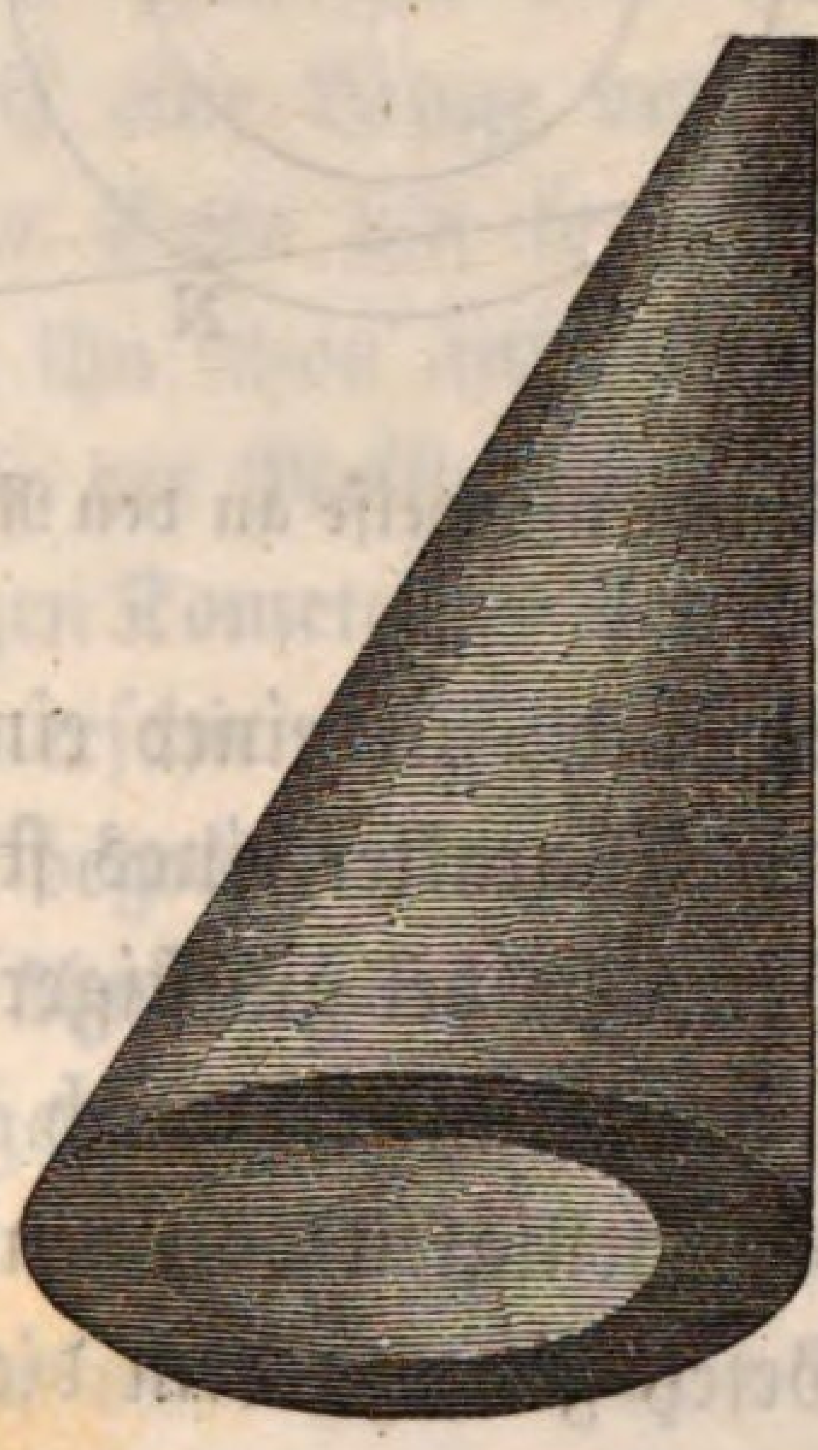


Fig. 213. — Hohler Kegel, einen Kometenschweif darstellend.

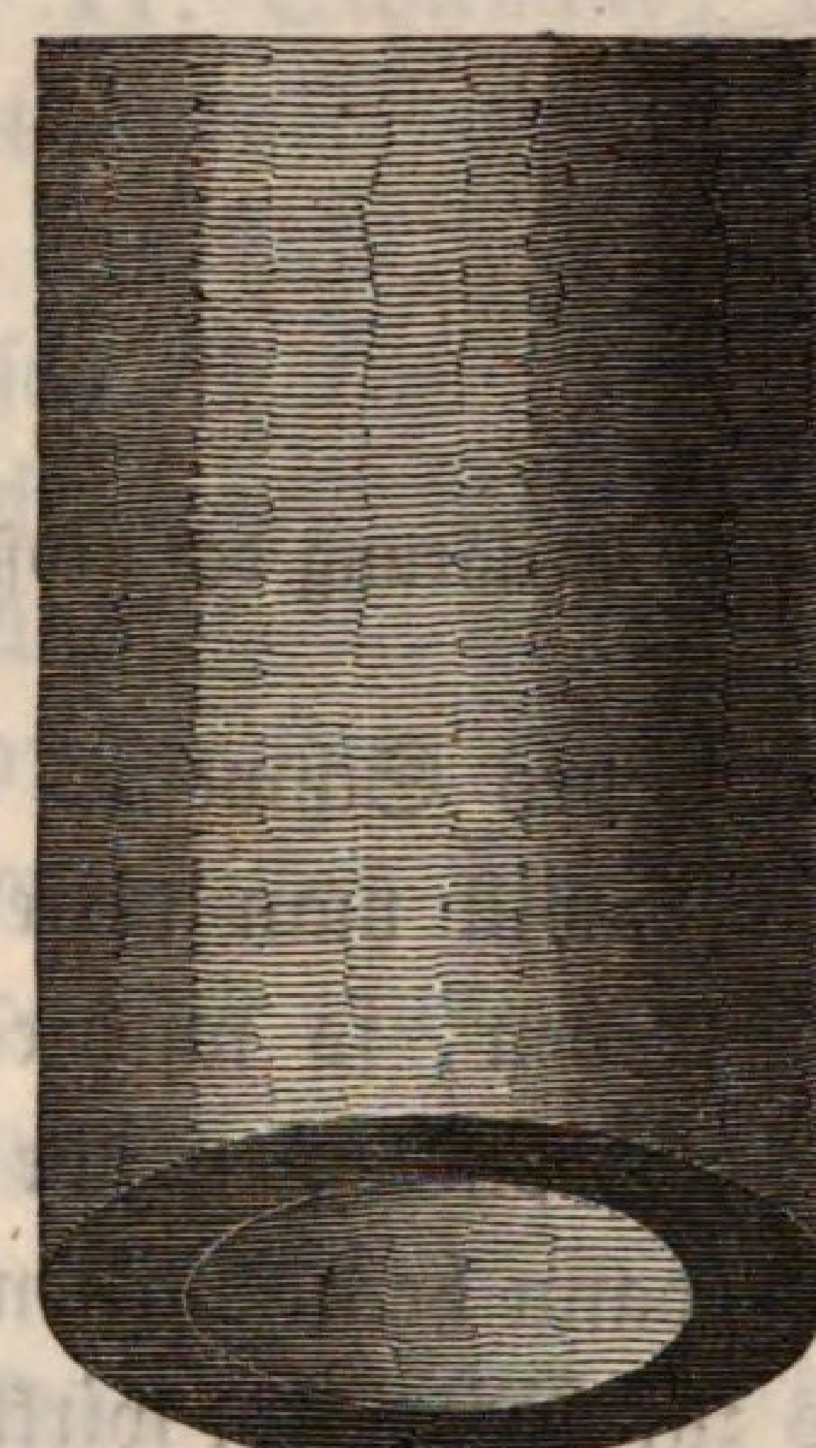


Fig. 214. — Hohler Cylinder, einen Kometenschweif darstellend.

In der That, denken wir uns diesen hypothetischen Schweif transversal geschnitten, so entsteht außen der in Fig. 215 (S. 356) vorgestellte Kreis; der dem ersten concentrische Kreis von kleinerem Durchmesser bestimmt die Dicke der selbstleuchtenden oder lichtreflectirenden Materie, die gänzlich an der Außenfläche des Schweifes vertheilt ist. Man erkennt hierbei sehr leicht, daß die zwischen beiden Kreisen hindurchgehenden Gesichtslinien, wie die Richtungen OA, OM in der Figur sie bezeichnen, d. h. diejenigen Gesichtslinien, welche die Schweifränder durchschneiden, größere Mengen leuchtender Materie auf ihren Wegen AB oder MN treffen, als Gesichtslinien, die, wie OD durch den Mittelpunkt, oder in dessen Nähe vorbeigehen; denn diese werden selbst in dem Falle, wo der Ring lichtreflectirender Masse vollständig ist, nur Dicken wie Cc und Dd durchlaufen, deren Summe geringer ist als AB oder MN. Die Gesammtzahl der Theilchen in jeder Richtung aber ist es, gleichviel ob

sie selbstleuchtend sind oder uns nur Sonnenlicht reflectiren, von der die Lichtstärke bedingt ist. Auf diese Weise kommt der Umstand, daß

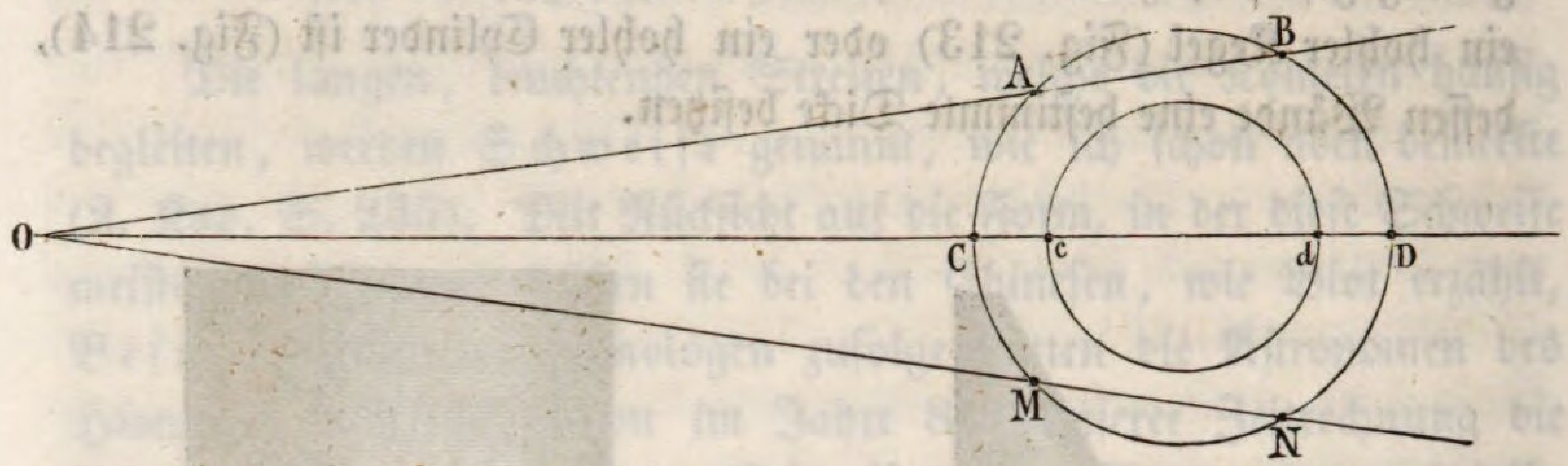


Fig. 215. — Erklärung des größeren Glanzes der Kometenschweife an den Rändern.

die Ränder des Schweifes am glänzendsten sind, zu einer einfachen Erklärung; will man derselben indessen den Charakter eines strengen Beweises geben, so wird es nothwendig sein, sie bei günstiger Gelegenheit durch photometrische Messungen zu unterstützen, durch welche es sich alsdann herausstellen muß, ob in der Helligkeit von den Rändern bis zur Mitte hin wirklich dasjenige Gesetz gilt, zu dem die obige mathematische Vorstellungsweise führt.

Ich habe bereits erwähnt, daß sich die Schweife in der Regel verbreitern; die Chinesen nennen sie aus diesem Grunde Besen. Es kommt indessen auch vor, daß die Schweife in eine Spitze auslaufen; auch ist der Winkel, unter dem die Ränder eines Kometenschweifes divergiren, nicht immer derselbe. Bei sorgfältiger und anhaltender Beobachtung des Kometen von 1825 (No. 145 im Verzeichnisse), fand Valz am 12. October für das Auslaufen am Schweifrande $1\frac{1}{2}$ Grad; am nächstfolgenden Tage war der Schweif zwar länger geworden, aber von einem Auslaufen war Nichts zu erkennen.

Der Komet vom Jahre 1689 (No. 53 des Verzeichnisses), berichten die damaligen Beobachter, war gekrümmt wie ein Türkensäbel.

Pingré will zwischen Teneriffa und Cadix beobachtet haben, daß der Schweif des Kometen von 1769 doppelt gekrümmt war und die Gestalt eines liegenden S zeigte (∽). Diese Bemerkung machte auch La Nux auf der Insel Bourbon.

„Den Schweif des Kometen von 1769," sagt Messier in den Memoiren der pariser Akademie vom Jahre 1775, „kann man für einen der größten und beträchtlichsten unter allen halten, die bisher beobachtet wurden. In der Nacht vom 9. zum 10. October sah ich ihn 60 Grade lang; zu Marseille schien er nur 40, zu Bologna aber 70 Grade lang, und Pingré, der sich damals auf dem Meere befand, zwischen Teneriffa und Cadix, fand am 11. September, daß der Schweif eine Länge von 90 Graden hatte, dabei aber gegen das äußerste Ende hin so schwach war, daß das Licht der aufgehenden Venus ihn schon auf mehrere Grade auslöschte." Fig. 198 (S. 336) ist nach der Messier'schen Abbildung gezeichnet und stellt diesen merkwürdigen Kometen so dar, wie er am 30. August, 2., 3. und 4. September erschien. An seinem Umfange war der Kern dieses Kometen schlecht begränzt; er schien wie von einer bräunlichen Atmosphäre umgeben, ähnlich dem Rauche und Dünsten, die von einem nassen Körper aufsteigen. Am Abend des 30. August zeigte der Schweif in der Mitte eine 4 Grade lange, dunkele Stelle, und zu beiden Seiten derselben erkannte man zwei ebenso lange, helle Streifen. Am 2. September entfernte sich der obere Lichtstreif in der Art vom Schweife, daß er mit letzterem einen doppelt so großen Winkel bildete, als der andere Streif. Am 3. September waren diese seitlichen Lichtstreifen gänzlich verschwunden, und wurden seitdem nicht wiedergesehen. Fortwährend hatte der Schweif eine dunklere Mittelpartie gezeigt, während seine Ränder aus untereinander parallelen Lichtstreifen bestanden. Am 4. September war der Schweif in sieben, theils helle, theils dunkele Theile gesondert. Die teleskopischen Sterne im Stier erkannte Messier sowohl durch die dunkeln Partien des Schweifes, als auch durch die beiden seitlichen Streifen, die sich vom 30. August bis zum 3. September zeigten.

Häufig haben die Kometen mehrere gesonderte und voneinander gänzlich getrennte Schweife. So hatte der Komet von 1744 (No. 70 in unserm Verzeichnisse), am 7. und 8. März deren sogar sechs; jeder war etwa 4 Grade breit, bei einer Länge von 30 bis 44 Graden. Dem bloßen Ansehen nach glichen sie ganz den einfachen Schweifen; ihre Ränder waren scharf und ziemlich hell, während jeder Schweif in

der mittleren Gegend nur sehr schwach leuchtete. In den Zwischenräumen zwischen den Schweifen war die Dunkelheit so groß, wie am übrigen Himmel [61]).

Der Komet von 1823 (No. 140 im Verzeichnisse) hatte zwei Schweife, und seltsamer Weise war der eine nach der Sonne hin gerichtet, während der andere wie gewöhnlich von der Sonne abgewendet war; dadurch entstand eine gewisse Aehnlichkeit mit dem großen Andromedanebel. Am 23. Januar 1824 schien der gewöhnliche Schweif etwa 5° lang zu sein; der andere kaum mehr als 4°; die Axen beider bildeten miteinander einen sehr stumpfen Winkel von ungefähr 160°. In unmittelbarer Nähe am Kometen war der außerordentliche Schweif kaum zu erkennen; seine größte Helligkeit lag etwa 2° vom Kerne entfernt. In den ersten Tagen des Februar erkannte man nur noch den von der Sonne abgewendeten Schweif; der andere war entweder verschwunden, oder doch so schwach geworden, daß sogar die besten Nachtfernröhre bei durchsichtigster Luft keine Spur davon erkennen ließen. Dies sind die wesentlichsten Ergebnisse aus den zu Paris, Marseille, Marlia, Bremen, Göttingen und Prag angestellten Beobachtungen. In so seltsamer Gestalt hatte sich früher kein einziger Komet gezeigt.

Der Schweif des Kometen von 1825 (No. 145 im Verzeichnisse), den Dunlop in Neuholland beobachtet hat, bestand aus fünf besondern Strahlen von verschiedener Länge. Am 19. October hatte es den Anschein, als kreuzten sich die von den Enden der Schweife ausgehenden Strahlen hinter dem Kometen, in der Art wie sich die vom Brennpunkte einer Linse ausgehenden Strahlen kreuzen. Unterm 1. November findet sich in Dunlop's Berichte folgende, nicht weniger bestimmte Stelle: „In $1^1/_2{}^0$ Entfernung vom Kometen kreuzen sich die Strahlen der verschiedenen Schweife, um dann ins Unbestimmte zu divergiren; dergestalt daß die den rechten Rand des Schweifes bildenden Strahlen vom linken Rande des Kopfes ausgehen, und umgekehrt."

Der von Colla im Jahre 1845 entdeckte Komet (No. 171 im Verzeichnisse) zeigte einen $2^1/_2{}^0$ langen Schweif, der durch eine dunkele Linie in zwei Zweige getrennt war. Endlich hatte auch der von Brorsen im Jahre 1851 entdeckte Komet (No. 193 im Verzeichnisse) zwei ungleich [illegible]ge Schweife, von denen der kürzere zur Sonne gerichtet war.

Helligkeit und Länge eines Kometenschweifes stehen übrigens keineswegs immer im Verhältnisse mit der Helligkeit des Kometen selbst; so zeigten die merkwürdigen Kometen von 1585, 1665, 1682 und 1763 (No. 35 und 44 im Verzeichnisse, fünfte Erscheinung des Halley'schen Kometen, und No. 80 des Verzeichnisses) keine Spur eines Schweifes.

Auch ist schon oben bemerkt worden, daß der Komet von kurzer Umlaufszeit oder der Encke'sche gleichfalls schweiflos ist (23. Kap. S. 343). Mitunter fehlen also die Schweife gänzlich, während sie in einzelnen Fällen ungeheure Räume erfüllen. Für einige Kometen habe ich im 14. Kapitel (S. 291) die Schweiflängen schon in Meilen angegeben: folgendes sind in Winkelgrößen die Resultate verschiedener Messungen:

Komet vom Jahre	Schweiflängen.
1851 (No. 191)	$2^1/_2{}^0$
1811 (No. 124)	23
1843 (No. 164)	60
1689 (No. 53)	68
1680 (No. 49)	90
1769 (No. 84)	97
1618 (No. 40)	104

Hiernach konnten die Kometen von 1680, von 1769 und von 1618 den Horizont erreichen und untergehen, während ein Theil ihres Schweifes noch im Zenith stand.

Sechsundzwanzigstes Kapitel.

Geschichtliche Darstellung der verschiedenen Erklärungen, welche man von den Kometenschweifen gegeben hat.

Von einigen alten Philosophen wurden die Kometen für Planeten gehalten, welche sich durch irgend eine Ursache der Erde sehr beträchtlich genähert hatten, wo sie dann durch Ansammeln der Dünste, die den Erdkörper fortwährend umgeben, Nebel und Schweif erhielten.

Aristoteles ging hierin noch weiter als seine Vorgänger; ihm waren die Kometen Nichts als sublunarische, in unserer Atmosphäre entstandene Meteore; erst durch Tycho's Beobachtungen über die Ent-

fernungen mehrerer Kometen wurde diese aristotelische Vorstellung vernichtet.

Ich lasse ganz unerwähnt die im Alterthume sehr verbreitete Ansicht, derzufolge die Kometen keine wirkliche, körperliche Existenz hätten, sondern nur wie der Regenbogen und die Nebensonnen Wirkungen der Reflexion des Sonnenlichtes an den Krystallhimmeln wären; denn dergleichen Vorstellungsweisen stützten sich nicht auf Beweisgründe von irgend welcher Bedeutung[62]).

Wird ein Lichtstrahl durch eine Glaslinse oder eine mit Wasser gefüllte Kugel gebrochen, so setzen die Strahlen, nachdem sie sich im Brennpunkte vereinigt haben, ihren Weg fort und bilden ein divergirendes Büschel, das im Finstern sichtbar wird durch die Reflexion, welche die Strahlen an den in der Luft schwebenden Staubtheilchen erleiden, theilweise vielleicht auch durch die Reflexion an den Lufttheilchen selbst.

Diesen Versuch hielt Cardani für einen natürlichen Beweis der Wirkungsweise, durch welche die Kometenschweife entstehen; er brauchte sich hierzu nur die Kometen als kugelförmige Körper zu denken, durch welche das Sonnenlicht gebrochen hindurchgeht. Nach dieser Anschauungsweise wurden die gebrochenen Strahlen durch Reflection von den Aethertheilchen sichtbar[63]).

Tycho-Brahe und eine Zeit lang auch sein Schüler Keppler hielten sich an diese Erklärung; aus der Schrift des Galilei il Trutinatore ersieht man, daß auch dieser der angegebenen Erklärung seinen Beifall schenkte.

Wenn aber auch Keppler anfänglich ein enthusiastischer Anhänger der Cardani'schen Erklärungsweise war, so verließ er dieselbe doch, sobald er die Unmöglichkeit erkannte, aus dieser Theorie die Krümmung zu erklären, welche die Kometenschweife so häufig annehmen, und die außerdem fast jedesmal stattfindende Zurückbeugung. Keppler ersann nun eine neue Hypothese, die er auseinandersetzte in seinen Abhandlungen über die Kometen von 1607 (vierte Erscheinung des Halley'schen Kometen) und von 1618 (No. 40 in unserm Verzeichnisse). In diesen Schriften sagt er ausdrücklich, daß die Schweife aus einem Stoffe bestehen, der im eigentlichen Sinne zum Körper des Kometen gehört, und

den die Sonnenstrahlen durch ihren Anstoß nach der von der Sonne abgewendeten Seite hinführen.

Unter den Anhängern dieser Keppler'schen Vorstellung ist Riccioli zu erwähnen, der, um zu erklären, weshalb der Schweif bisweilen von einer durch die Mittelpunkte von Sonne und Komet gehenden Linie stark abweicht, die Annahme machte, der Komet sei von durchsichtigen, concentrischen Kreisen verschiedener Dichtigkeit umgeben, von denen er nicht den Mittelpunkt einnehme[64]). Das größte Gewicht aber hat dieser Theorie der offenkundige Beifall gegeben, den ihr Newton und Euler schenkten.

Newton stützte sich auf die Bemerkung, daß die Kometenschweife ihre größte Länge nach dem Periheldurchgange der Kometen erlangen, und glaubte deshalb die Hauptursache bei Erzeugung dieser Erscheinung in der Sonnenwärme zu finden. Er hielt die Schweife für nichts Anderes als einen außerordentlich feinen Dunst, der vom Kopfe oder Kerne des Kometen ausgeht, und um seine Annahme zu rechtfertigen, berechnete jener unsterbliche Mathematiker den Wärmegrad, den der Komet von 1680 (No. 49 im Verzeichnisse) bei seinem Periheldurchgange zu erleiden gehabt hatte: er fand dafür das 2000fache der Hitze des rothglühenden Eisens. Aber schon vor geraumer Zeit haben die Physiker auf das Ungenaue dieser Berechnung hingewiesen; auch mag noch erwähnt werden, daß der Komet, welcher in der als sein Perihel bezeichneten Gegend sich ungemein schnell bewegte, nur kurze Zeit in derjenigen Entfernung von der Sonne verweilte, welche die Newton'sche Rechnung zu Grunde legte. So ergibt sich z. B., daß der Komet von 1680 schon 1 St. 16 M. nach seinem Periheldurchgange um das Doppelte seines Perihelabstandes von der Sonne entfernt war, und daß also die Wärme, die er in dieser zweiten Stellung zu erleiden hatte, nur ein Viertel von der dem Perihel zukommenden war. Eine ähnliche Rechnung weist nach, daß 2 St. 40 M. nach dem Durchgange die Entfernung bereits verdreifacht war, die Sonnenwärme mithin neun Mal geringer u. s. f.

Wenn ich nun auch sogar das ziemlich weit gehende Zugeständniß mache, daß der leichte Dunst, den die Sonnenstrahlen auf Kosten der Kometenmaterie erzeugen, stets auf der von der Sonne abgewendeten

Seite aufsteigen müsse; so wird jedes Theilchen dieser Masse gewissermaßen ein kleiner Komet werden, und als solcher um den Hauptkörper unsers Systems eine Ellipse beschreiben, größer als die vom dunstbildenden Kerne beschriebene. In diesen Ellipsen wird die Bewegung langsamer sein als die des Kernes, woraus sich, in Uebereinstimmung mit den Beobachtungen, die Zurückbeugung des Schweifes gegen die Kometenkopf und Sonne verbindende Linie erklärt. Aber aus diesen Betrachtungen würde folgen, daß der im ersten Theile der Bahn entstandene Schweif auch noch nach dem Perihelddurchgange dem Kerne nachfolgen würde, was den Beobachtungen durchaus widerspricht. Es ist in der That bekannt, daß der Komet im zweiten Theile seiner Bahn den Schweif vor sich her zu treiben scheint. Bei so gänzlichem Mangel an Uebereinstimmung zwischen Theorie und Praxis lohnt es nicht die Mühe, Schwierigkeiten hervorzuheben, die in den Einzelheiten entstehen; ich will deshalb nur noch erwähnen, daß die Newton'sche Hypothese ebensowenig wie die Keppler'sche die vielfachen Schweife, die manche Kometen zeigten, zu erklären vermag; auch läßt sie die Krümmungen in umgekehrter Richtung unerklärt, welche man an den Seitenrändern mitunter beobachtet hat.

Biot hat sich für die Newton'sche Theorie ausgesprochen, insofern darnach ein gewisser Theil des Stoffes durch Einwirkung der Sonnenwärme vom Kerne aufsteigen soll. „Gewisse Kometen," äußert er, „gerathen in ihrer Sonnennähe so zu sagen in Brand, und die daraus aufsteigenden Dünste müssen, weil sie nun die Bewegung der Kometen nicht länger theilen, hinter ihnen eine Art Schweif bilden." Trotz der großen Autorität, die einer Ansicht Biot's zukommt, möchte es doch vielleicht schwer sein zu erklären, wie die von einem Kometenkörper aufsteigenden Theilchen plötzlich die Fortbewegung verlieren können, die sie doch besaßen, solange sie zum Kometen selbst gehörten. Im Uebrigen läßt auch diese unstatthafte Annahme den vollen Widerspruch zwischen Theorie und Beobachtung fortbestehen, auf den ich bereits aufmerksam gemacht habe.

Ich glaube nicht, daß es nun noch nothwendig sein möchte, jene andere Theorie im Einzelnen zu prüfen, welche Gregory ersann[65]), und für die sich später Pingré, Laplace und Delambre ausgesprochen haben;

dieser zufolge sollen die Sonnenstrahlen fortwährend auf den leichten Kometendunst wirken, der durch die Sonnenwärme aus dem Körper des Kometen entwickelt wird. Alle gegen die Keppler'sche Theorie erhobenen Schwierigkeiten gelten offenbar auch gegen diese neue Annahme; denn an sich ist es gleichgültig, ob die Schweifmaterie vorher ein Theil des Kopfes gewesen, oder ob es zwar dieselbe Materie sei, aber verdünnt durch die außerordentliche Sonnenwärme. Eine Zeit lang hatte man allerdings aus sehr unvollkommenen Versuchen Homberg's den Schluß gezogen, die Sonnenstrahlen übten einen wirklichen Stoß aus; es ist indessen seit den mit aller der Sorgfalt, welche eine so feine Untersuchung erfordert, von Bennet angestellten Versuchen erwiesen, daß es niemals gelingt eine Bewegung hervorzurufen, welche dem Stoße dieser Strahlen zugeschrieben werden kann, selbst wenn man mittelst einer Linse von weiter Oeffnung eine große Anzahl von Lichtstrahlen vereinigt auf einen und denselben Punkt wirken läßt. Sonach ist die Grundvorstellung von einem durch die Sonnenstrahlen erzeugten Stoße Nichts als eine unhaltbare Hypothese.

Bald nach Erscheinen des berühmten Kometen von 1769 (No. 84 im Verzeichnisse), der sich durch außerordentliche Schweiflänge auszeichnete, machten Knight und Oliver zu Salem in Nordamerika eine Theorie bekannt, in welcher sie die Bildung solcher Anhänge aus der Abstoßung erklärten, welche die Sonnenatmosphäre auf die Atmosphäre eines Kometen ausüben sollte, sobald sich beide vermischten oder einander nur nahe kämen.

Physikalisch erscheint die Annahme unzulässig, daß zwei untereinander gemischte Atmosphären sich gegenseitig abstoßen könnten; auch gelangt man damit noch nicht zu einer Erklärung des eigentlich Charakteristischen und Wichtigen in Gestalt und Lage der Kometenschweife.

Benedict Prévot (seine Theorie führe ich in der That nur an, um dem Vorwurfe auszuweichen, als hätte ich einen einzigen Erklärungsversuch der Kometenschweife stillschweigend übergangen) geht von der Annahme aus, die Kometen seien von einer Atmosphäre umgeben, deren Durchmesser die doppelte Schweiflänge hat; diese Atmosphäre enthält nun, nach ihm, eine Flüssigkeit, sogar Wasser in aufgelöstem

Zustande; da, wo die Temperatur abnimmt, wird das Wasser niedergeschlagen und entstehen Wolken, die das Licht so wie in unserer Erdatmosphäre reflectiren. „Offenbar," fährt er fort, „gelangen in die Linie, welche Sonne und Kometenkopf verbindet, auf der von der Sonne abgewendeten Seite weniger Strahlen, als sonst überall, weil die den Kopf bildenden Dünste einen Theil der Strahlen verschlucken." Dieser Theorie zufolge wäre also der Kometenschweif Nichts als diejenige Gegend, in welcher durch Temperaturabnahme die Wolken in der ursprünglichen Kometenatmosphäre entstehen. Sicherlich bedarf es bei meinen Lesern nicht des Nachweises im Einzelnen, daß Benedict Prévot's Erklärung in der That keine einzige von allen den Thatsachen erklärt, welche uns die Beobachtung der Schweife kennen gelehrt hat; es läßt sich daraus z. B. nicht ableiten, warum die Kometenschweife bisweilen stark gekrümmt sind, warum sie an den Rändern am hellsten, ans welchem Grunde diese Ränder mitunter convergiren u. s. w.

Man sieht, daß keine der aufgestellten Theorieen die Erscheinungen weder im Einzelnen noch im Allgemeinen darstellt. Vielleicht findet man es überraschend, daß ich so ohne Weiteres die Ergebnisse der wissenschaftlichen Forschung in dieser Beziehung als unbefriedigend bezeichne; aber man gestatte mir an dieser Stelle eine Anekdote mitzutheilen. Unter der Regentschaft des Herzogs von Orleans richtete eine Hofdame, welche auf die Sternwarte gekommen war, an Mairan die Frage: „Bitte, sagen Sie mir, was die Streifen des Jupiter eigentlich sind." — „Das weiß ich nicht," erwiderte sogleich der Secretär der Akademie der Wissenschaften. — „Warum," fuhr die wißbegierige Dame fort, „ist Saturn nicht der einzige Planet mit einem Ringe?" — „Das weiß ich nicht," erwiderte Mairan abermals. Da versetzte die ungeduldige Fragerin mit einiger Bitterkeit: „Wozu nutzt es denn, mein Herr, Akademiker zu sein?" — „Dazu, Madame," erwiderte er, „die Antwort geben zu können: Das weiß ich nicht." Das wissen wir nicht, würde auch noch heutigen Tages die Antwort sein, die man auf alle Fragen nach den Kometenschweifen geben müßte. Dessenungeachtet hat die Wissenschaft in dieser Beziehung nicht stillgestanden seit der Zeit, wo jene oben besprochenen un-

vollkommenen oder unzureichenden Theorieen ersonnen wurden; so wissen wir heutzutage z. B., daß die meisten Kometenschweife hohle Kegel oder Cylinder sind[66]).

Siebenundzwanzigstes Kapitel.

Gibt es Kometen mit Rotationsbewegung um eine eigene Axe?

Als Herschel bei Gelegenheit des schönen Kometen von 1811 (No. 124 im Verzeichnisse) die Ränder des Schweifes genau untersuchte, bemerkte er darin dünne, hellere Streifen, welche häufig und plötzlich sehr merkliche Aenderungen der Länge erlitten. Herschel hielt dies für einen Beweis einer Umdrehungsbewegung des Schweifes; er war infolge dieser ersten Thatsache zu der Annahme geneigt, der Kopf des Kometen von 1811 rotire gleichfalls. Dies Ergebniß, welches nach den Bemerkungen an den allerdings schnell vorübergehenden Erscheinungen des Kometenschweifes von 1811 nur Wahrscheinlichkeit erlangt hatte, könnte man nach den Beobachtungen, die Dunlop, Vorsteher der Sternwarte zu Paramatta in Neuholland, angestellt hat, für vollkommen erwiesen ansehen. Denn der Schweif des Kometen von 1825 (No. 145 im Verzeichnisse) bestand aus fünf einzelnen, ungleich langen Zweigen, von denen jeder an der vom Kopfe entferntesten Stelle 2 Grade einnahm. Diese verschiedenen Zweige blieben in Bezug auf den ganzen Schweif nicht fortwährend in derselben Lage, und indem nun Dunlop auf die Zeit achtete, innerhalb welcher die Zweige in eine und dieselbe Lage zurückkehrten, fand er diese Dauer im Mittel 19 Stunden 37 Minuten. Dies würde hiernach die Umdrehungszeit für den Kometenschweif von 1825 sein.

In neuester Zeit haben indessen englische Astronomen gegen einige Arbeiten ihres neuholländischen Landsmanns so starke Zweifel geltend gemacht, daß ich genöthigt bin, die Resultate, welche er aus der ganzen Reihe seiner Beobachtungen des Kometen von 1825 gezogen hat, mit dem Ausdrucke des Zweifels zu begleiten[67]).

Achtundzwanzigstes Kapitel.

Sind die Kometen selbstleuchtend oder reflectiren sie uns nur Sonnenlicht?

Um zu wissen, ob die Kometen in eigenem Lichte leuchten oder nur das Sonnenlicht reflectiren, scheint es am natürlichsten von derselben Methode Gebrauch zu machen, welche beim Lichte des Merkur, der Venus und des Mars so vortheilhaft ausfällt. Es fragt sich also, ob die Kometen jedes Mal, wenn sie die gehörige Lage gegen Sonne und Erde einnehmen, Lichtphasen zeigen? Dies ist im Grunde die Frage, auf welche unsere gegenwärtige Aufgabe zurückzuführen ist.

Auf Grund einiger Cassini'schen Beobachtungen hat man die Behauptung aufgestellt, der Komet von 1744 (No. 70 im Verzeichnisse) habe Phasen gezeigt; aber dagegen muß man erwidern, daß aus den Worten dieses gelehrten Astronomen zwar hervorgeht, der Kern jenes Kometen sei sehr unregelmäßig gewesen, keineswegs aber daß man eine eigentliche Lichtphase wahrgenommen habe. Heinsius und Chéseaux sagen nämlich mit bestimmten Worten, es sei keine Lichtphase vorhanden gewesen, und zwar gerade in der Zeit, wo Cassini, wie man behauptet, eine solche angibt. In einem andern Falle hat man sich auf Beobachtungen des englischen Mathematikers Dunn berufen; aber diesen Beobachtungen widersprechen die gleichzeitig von Messier angestellten.

Ich wende mich zu den Beobachtungen, welche Cacciatore in Palermo am Kometen von 1819 (No. 133 unsers Verzeichnisses) angestellt hat [68]. Cacciatore behauptet nämlich unzweideutige Spuren von Lichtphasen am Kerne dieses Kometen gesehen zu haben. Folgender Bericht ist eine wörtliche Uebersetzung seiner Beobachtungen:

„5. Juli. Der Komet stellt sich scharf dar und zeigt eine dem zunehmenden Monde ähnliche Phase. Den recht bestimmt erscheinenden Kern schätze ich etwa 8 Bogensecunden groß.

7. Juli. Die Sichelgestalt der Kometenscheibe ist ausnehmend deutlich; der Durchmesser scheint mir 7 bis 8″ zu betragen.

15. Juli Abends. Klarer Himmel; der Komet sehr deutlich; die Sichel liegt südlich.

23. Juli Abends. Von der Sichelgestalt ist auf der Kometenscheibe Nichts mehr zu erkennen.

Vom 3. bis 23. Juli war der Komet vorzüglich hell; und der sich vom

umgebenden Nebel sehr leicht abhebende Kern glich dem Monde in seiner Sichelgestalt. Während der ersten Tage schien die Sichel ungefähr in der Richtung des Schweifes zu liegen, aber am 15. Juli hatte sie sich bereits nach der vom Schweife abgewendeten Seite gedreht.

5. August. Nahe beim Kerne sah ich durch den Nebel einen Stern höchstens zehnter Größe."

Wenn vorstehende Schilderung noch irgend eine Unsicherheit zurückließe, so würde ich hinzufügen, daß, wie auch aus den Figuren 216 und 217, die mir der Beobachter selbst aus Palermo zusandte, hervorgeht, die beide Hörner der Sichel verbindende Gerade am 5. Juli mit der Richtung des Schweifes zusammenfiel, aber am 15. desselben Monats darauf senkrecht stand.

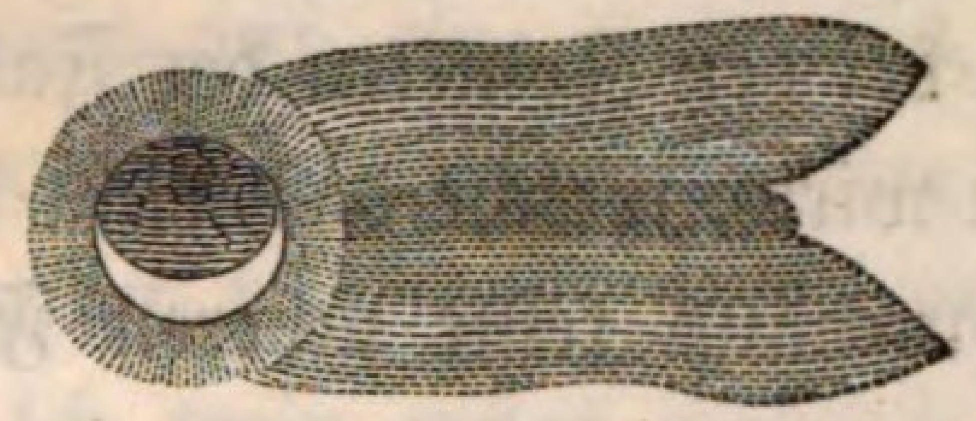


Fig. 216. — Angebliche Lichtphase des Kometen von 1819 am 5. Juli, nach Cacciatore.



Fig. 217. — Angebliche Lichtphase des Kometen von 1819 am 15. Juli, nach Cacciatore.

Muß man nun aus diesen Beobachtungen den Schluß ziehen, daß die Kometen nicht selbstleuchtend sind, und daß sowohl die Kerne, als die Nebelhüllen und die Schweife durchaus nur in reflectirtem Sonnenlichte leuchten? Dies würde allerdings aus Vorstehendem folgen, wenn die Unregelmäßigkeiten in der Gestalt, wie sie Cacciatore gesehen hat, wahre Phasen gewesen wären; aber der Beweis des Gegentheils scheint nicht schwer zu führen. Wir haben nämlich schon gesehen, daß die Kometenschweife im Allgemeinen gerade von der Sonne abgewendet sind; an den entferntesten Stellen sind diese Lichtschweife mitunter mehr oder weniger zurückgebeugt, während dergleichen Abweichungen niemals in der Nähe des Kernes merklich werden. Daraus folgt offenbar, daß, wenn jemals ein Komet Phasen zeigt, die Licht und Schatten trennende Linie auf der Schweifrichtung senkrecht stehen muß, weil letztere zugleich die Richtung der den Kern treffenden Sonnenstrahlen bezeichnet. Am 15. Juli 1819 ist die von Cacciatore gezeichnete Sichelgestalt (Fig. 217) allerdings in einer solchen Lage, daß man

das Dasein einer Phase vermuthen sollte; aber 10 Tage früher, am 5. Juli (Fig. 216) fiel die Hörnerlinie, wie schon bemerkt, im Gegentheile mit der Schweifrichtung zusammen, und in diesem Falle leuchtet es ein, daß die in der Scheibe wahrgenommene Unregelmäßigkeit von der besondern Gestalt des Kometen herrührte, keineswegs aber von der Stellung dieses Gestirnes gegen die Sonne abhing. Wird man daher nicht auch vermuthen können, daß dieselbe Erklärung auf die angebliche Phase des 15. Juli Anwendung findet? Cacciatore's Beobachtungen ergeben also zunächst nur, daß die Kometenkerne bisweilen sehr unregelmäßig gestaltet sind, und daß sie ihr Ansehn innerhalb weniger Tage beträchtlich verändern; aber die Ungewißheit der Astronomen über die Natur der Kometen wird dadurch noch nicht gehoben.

Uebrigens gebe ich zu, daß der Mangel jeder Lichtphase in einem vielleicht durchsichtigen Kerne, der, wie bei den Kometen der Fall ist, von einer dichten Atmosphäre umschlossen wird, welche das Licht durch Reflexion überallhin vertheilen kann, durchaus keine sicheren Folgerungen gestattet.

Untersuchen wir jetzt, ob sich die Malus'sche Entdeckung vom Jahre 1811 in dieser Beziehung ersprießlicher erweist. Wie schon in gegenwärtigem Bande erwähnt wurde, erkannte dieser berühmte Physiker, daß die Lichtstrahlen, wenn sie von einer spiegelnden Fläche in der Weise zurückgeworfen werden, daß regelmäßige Bilder entstehen, gewisse neue Eigenschaften annehmen, durch welche sie sich vom directen Lichte unterscheiden, die Eigenschaft z. B., beim Durchgange durch ein doppelt brechendes Prisma nicht mehr zwei gleich helle Bilder zu geben (14. Buch, 6. Kap., S. 87), und dies nannte Malus die Polarisation des Lichtes. Um diese Entdeckung auf die Analyse des Kometenlichtes anwenden zu können, mußte vorher nachgewiesen werden, daß das Licht die genannte Eigenschaft gleichfalls erlangt, wenn es von den unendlich kleinen Seitenflächen der Molecülen gasförmiger Substanzen reflectirt wird. Diesen Nachweis gab ich im Jahre 1811, indem ich zeigte, daß das von der Erdatmosphäre reflectirte Sonnenlicht stark polarisirt ist (14. Buch, Kap. 6., S. 93).

Nach diesen Thatsachen läßt sich ohne Weiteres die Beobachtungsart einsehen, die ich in Anwendung brachte, als der Komet von 1819

plötzlich am Nordhimmel erschien. Ich richtete auf ihn ein kleines Fernrohr, in welchem ein doppeltbrechendes Prisma angebracht war; die beiden Bilder des Schweifes zeigten einen kleinen Helligkeitsunterschied, den die übereinstimmenden Beobachtungen der Herren von Humboldt, Bouvard und Mathieu bestätigten. Um mich zu versichern, daß dieser kleine, eine sehr schwache Polarisation anzeigende Unterschied nicht eine atmosphärische Erscheinung war, richtete ich dasselbe Fernrohr auf den Stern Capella, der in der Nähe des Kometen stand, und erkannte dabei deutlich, daß seine beiden Bilder genau von derselben Helligkeit waren.

Ich sagte, der Unterschied dieser beiden Bilder des Kometenschweifs sei nur gering gewesen; es war deshalb wünschenswerth, daß die astronomische Folgerung, welche sich daran knüpfte, sich nicht ausschließlich auf eine geringe Helligkeitsverschiedenheit gründen möchte, denn allbekannt sind in diesem Felde die Irrthümer, die sich in den Arbeiten der berühmtesten Physiker finden. Aus diesem Grunde veränderte ich mein erstes Instrument dergestalt, daß, wenn sich nun ein neuer Komet in passender Stellung zeigen würde, die ursprüngliche Intensitätsverschiedenheit der Bilder sich in eine Farbenverschiedenheit verwandeln mußte. Ich wandte nämlich das von mir Polariskop genannte Fernrohr an (Fig. 161, S. 92), und dies Instrument mußte nun, anstatt eines helleren und eines schwächeren Bildes, in gewissen Lagen ein rothes und ein grünes Bild zeigen, in andern Lagen ein gelbes und ein violettes u. s. w.

Ich hebe es besonders hervor (die Richtigkeit dieser Bemerkung wird Jedermann zugeben), daß ein Farbenunterschied eine unzweideutige Erscheinung ist, die volle Ueberzeugung gewährt, während bei Weitem nicht dasselbe von einem sehr geringen Helligkeitsunterschiede gilt.

Am 23. October 1835, als ich mein neues Instrument auf den Halley'schen Kometen richtete, erkannte ich augenblicklich zwei Bilder in Complementarfarben, das eine roth, das andere grün; gab ich dem Fernrohre eine halbe Drehung um seine Axe, so wurde das rothe Bild grün und umgekehrt.

Bouvard, Mathieu und ein jüngerer Astronom wiederholten meinen Versuch und erhielten dasselbe Resultat. Hiernach besaßen also

die Strahlen des Kometenlichtes keineswegs, wenigstens nicht alle, die Eigenschaften des directen, gleichviel ob eigenen oder angeeigneten Lichtes; vielmehr war auch spiegelartig zurückgeworfenes oder polarisirtes Licht untermischt, d. h. also kurzweg reflectirtes Sonnenlicht.

Man wird bemerken, daß ich rücksichtlich der Folgerungen aus meinen Versuchen an den Kometen von 1819 und 1835 große Vorsicht beobachte, denn es wäre der Fall denkbar, daß von dem gesammten Lichte, welches jene beiden Gestirne auf die Erde sandten, ein Theil eigenes, ein anderer Theil reflectirtes Licht gewesen; werden Körper nämlich glühend, so verlieren sie deshalb noch nicht die Eigenschaft das sie treffende Licht theilweise zu reflectiren.

Bei Gelegenheit des mit bloßen Augen sichtbaren Kometen von 1845 machte ich eine Bemerkung, welche ich schon oben andeutete (15. Buch, Kap. 4. S. 178), und die ich hier nicht stillschweigend übergehen darf. Zeigt das Zodiakallicht dieselbe Farbe wie das Sonnenlicht? Wäre diese Frage bejahend zu beantworten, so ergäbe sich daraus mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit die Folgerung, daß die Kometen in eigenem, nicht aber in reflectirtem Sonnenlichte leuchten. Die nur in reflectirtem Lichte sichtbar werdenden Körper zeigen sich uns natürlich in den Farben des erhellenden Lichtes, und es wäre jedenfalls ein ganz außerordentlicher Fall, wenn uns ein von farbigem Lichte erleuchteter Körper weiß erschiene. Nun war aber der Komet vom 19. März 1843, der fast in unmittelbarer Nähe neben dem Zodiakallichte stand, vollkommen weiß, während das Zodiakallicht unzweifelhaft gelblichroth gefärbt war. Um seine Mitte herum war das Zodiakallicht heller als der Kometenschweif; von diesem letzteren Umstande überzeugte man sich dadurch, daß man beide Erscheinungen durch zwei Spalten betrachtete.

Bisher haben wir versucht, die Ursache des Lichtes der Kometen aufzufinden, theils durch Entdeckung der Phasen, theils durch Analysirung dieses Lichtes in Polariskope; außerdem gibt es indessen noch ein drittes Mittel, um die in gegenwärtigem Kapitel behandelte Frage auf dem Wege des Experimentes zu untersuchen. Zur Erklärung dieses neuen Verfahrens erinnere ich zuvörderst an ein Princip, das in den Vorbegriffen zu der Optik, die dies Lehrbuch der Astronomie eröffnen,

aufgestellt worden ist (vergl. 3. Buch, Kap. 20. im 1. Bde. der Astr. S. 117).

Denken wir uns einen selbstleuchtenden Punkt ohne merkliche Ausdehnung; von diesem werden Lichttheilchen nach allen Richtungen hin ausgehen, und sich in gerader Linie fortbewegen. In der Entfernung eines Meters vom Ausgangspunkte werden sich diese Theilchen über die Oberfläche einer Kugel von einem Meter Halbmesser verbreitet haben. In 2, 3 . . . 100 Meter Entfernung wird dieselbe Anzahl von Theilchen, oder noch genauer, werden dieselben Theilchen untereinander schon etwas weiter entfernt, die Oberflächen von Kugeln erreichen, deren Halbmesser 2, 3 . . . 100 Meter betragen: die Oberflächen der Kugeln nehmen fortwährend zu. Bekanntlich steht diese Zunahme nicht im einfachen Verhältnisse mit den Halbmessern, sondern geschieht vielmehr im quadratischen Verhältnisse, dergestalt daß die Oberflächen in den Entfernungen 2, 3 . . . 100 um das 4fache, 9fache . . . 10000fache größer sind als in der Entfernung 1. Aus diesem Grunde läßt sich nicht nur behaupten, daß die Lichttheilchen um so weniger gedrängt sind, und um so weniger nahe bei einander liegen, je weiter man sich von dem ausstrahlenden Punkte entfernt, sondern es ist zugleich auch einleuchtend, daß diese Zerstreuung der Theilchen dem Gesetze der Quadrate der Abstände folgt.

Was von der Kugel im Ganzen gesagt ist, gilt für jeden ihrer Theile; so daß wenn die Oberfläche einer Kugel von einem Meter Halbmesser z. B. im Raume eines Quadratmillimeters von 10000 Lichttheilchen getroffen wird, nur der vierte Theil dieser Anzahl, also 2500 solcher Theilchen auf eine gleich große Fläche im Abstande von 2 Meter fallen. Desgleichen wird nur der neunte Theil, mithin 1111 auf die Entfernung 3 kommen, und nur der zehntausende Theil oder ein einziges Theilchen auf die Entfernung 100. Wenn man nun annimmt, wie ohne Ausnahme geschieht, daß die Helligkeit eines Gegenstandes proportional ist der Anzahl der Lichttheilchen, welche auf ihn fallen, so gelangt man zu dem wichtigen optischen Satze, daß die Leuchtkraft eines Punktes bei wachsenden Entfernungen abnimmt wie die Quadrate der Entfernungen.

Von der Betrachtung eines Punktes ohne merkliche Ausdehnung

wenden wir uns jetzt zu einer leuchtenden Fläche von einiger Ausdehnung.

Für jeden einzelnen Punkt dieser Fläche gilt offenbar dasselbe Gesetz, wie für den soeben betrachteten isolirten Punkt, d. h. jeder einzelne Punkt wird eine Helligkeit verbreiten, welche in demselben Verhältnisse abnimmt, wie die Quadrate der Abstände zunehmen. Hierbei darf man aber nicht übersehen, daß auf einen im Wege der Lichtstrahlen befindlichen Schirm in allen möglichen Lagen eine Anzahl Lichttheilchen fallen, die, verglichen mit derjenigen Anzahl, welche von einem einzigen Punkte kommen würde, proportional ist der Anzahl leuchtender Punkte, oder mit andern Worten, dem Inhalte der leuchtenden Fläche selbst.

Vorhin haben wir einen einzigen Punkt betrachtet, der auf einen Quadratmillimeter Oberfläche sandte

10000	Theilchen,	wenn	der	Abstand	1	Meter	betrug,
2500	"	"	"	"	2	"	"
1111	"	"	"	"	3	"	"
. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
1	"	"	"	"	100	"	"

Sind nun in derselben Entfernung unsers einen Quadratmillimeter großen Schirmes, von dieser Art 1000 leuchtende Punkte vorhanden, so kann man nicht zweifelhaft darüber sein, daß sich die Helligkeit des Schirmes durch Multiplication aller Zahlen der ersten Columne mit 1000 ergibt. Die Verhältnisse dieser Zahlen untereinander werden dadurch natürlich nicht geändert, denn wenn die aufeinander folgenden Glieder einer Reihe $1/4$, $1/9$ . . . $1/10000$ einer gegebenen Zahl sind, so bleiben sie offenbar noch dieselben Theile, nachdem man jene Glieder sowohl als die gegebene Zahl mit 1000 multiplicirt hat.

Einerseits steht also die Leuchtkraft einer leuchtenden Oberfläche im Verhältnisse des Flächeninhaltes, oder der Anzahl der Theilchen, aus denen diese Fläche besteht, und andererseits ändert sie sich genau wie die eines einzelnen Punktes, d. h. im umgekehrten Verhältnisse der Quadrate der Entfernungen.

Werden die Leser nun nicht erstaunen, wenn ich behaupte, daß trotz dieses Gesetzes, oder daß vielmehr wegen dieses Gesetzes eine leuchtende Fläche dem Auge in allen möglichen Entfernungen in der-

selben Helligkeit erscheinen muß, so lange die Fläche noch unter einem merklichen Winkel gesehen wird? Es bedarf indessen nur einer kleinen Ueberlegung, um das Befremdende, das man zuerst in diesem Ergebnisse finden kann, zu verscheuchen.

Will man aber nicht die Leuchtkraft, sondern die Helligkeit zweier Körper untereinander vergleichen, so muß man aus den beiden Körpern, um die es sich handelt, zwei Stücke, die unter gleichen Winkeln erscheinen, auswählen, z. B. zwei kreisrunde Ausschnitte, die beide unter demselben Winkel, etwa eine Minute groß, gesehen werden, und darauf durch gleichzeitige Prüfung beider untersuchen, welcher von beiden Ausschnitten die größere Helligkeit besitzt. Angenommen das Auge werde, durch Oeffnungen von einem Millimeter im Durchmesser, von Strahlen getroffen, die von zwei ebenen Flächen A und B ausgehen, und man habe diese beiden Oeffnungen gleich hell gefunden; so wird diese Gleichheit keineswegs gestört werden, wenn man, bei unveränderter Stellung der Fläche B, die Fläche A, 2, 3 . . . 100 Mal weiter entfernt, vorausgesetzt nur, daß die entsprechende Oeffnung in allen diesen Entfernungen noch in ihrer ganzen Ausdehnung beleuchtet erscheint.

Wenn es nämlich in der That unzweifelhaft ist, daß jeder Punkt in der Fläche A in demselben Verhältnisse, in welchem die Fläche sich entfernt, weniger Strahlen in die Kreisöffnung sendet, deren man sich bei der Beobachtung bedient, so wird andererseits derjenige Theil dieser Oberfläche, welchen das Auge durch die unveränderte Oeffnung wahrnimmt, um so größer werden, und folglich um so mehr leuchtende Punkte in sich aufnehmen, je beträchtlicher die Entfernung vergrößert wird. Es bleibt hiernach nur noch zu überlegen übrig, ob diese beiden entgegengesetzt wirkenden Ursachen sich aufheben können.

Zuerst ist von selbst einleuchtend, daß die vom Auge ausgehenden, divergirenden Linien, welche die zwei Endpunkte der verschiedenen Halbmesser jener kreisrunden Oeffnung treffen, durch welche hindurch man die Ebene A betrachtet, auf dieser Ebene gerade und untereinander gleich lange Strecken abschneiden werden, deren Größe ihrer Entfernung vom Beobachter einfach proportional ist. In den Entfernungen 1, 2, 3 . . . 100 werden sich somit die wirklichen Längen der Durchmesser der auf der Fläche A sichtbar werdenden Kreise untereinander verhalten

wie die Zahlen 1, 2, 3 . . . 100. Aus der Geometrie ist aber bekannt, daß die Flächen der Kreise untereinander im Verhältnisse der Quadrate ihrer Durchmesser stehen; und daraus folgt, daß die Anzahl der Punkte auf der leuchtenden Fläche, welche man durch die Kreisöffnung in Entfernungen 1, 2, 3 . . . 100 wahrnimmt, im Verhältnisse der Zahlen 1, 4, 9 . . . 10000 steht.

Während also auf der einen Seite die Helligkeiten der erleuchteten Oberflächen in demselben Verhältnisse zunahmen wie die Anzahl der leuchtenden Punkte, oder wie die Quadrate der Abstände, nimmt dagegen die Anzahl derjenigen, welche die Oeffnung faßt, wegen der Divergenz der Strahlen, für jeden strahlenden Punkt genau in demselben Verhältnisse ab. Beide Wirkungen heben sich demnach in aller Strenge auf, und die Oeffnung muß folglich in allen Entfernungen gleich lebhaft erleuchtet scheinen.

In seiner wahren Bedeutung und ohne irgend eine Zweideutigkeit wird man dies wichtige Resultat durch folgendes, äußerst einfache Beispiel erkennen.

Vom Uranus aus gesehen würde die Sonne unter einem ganz kleinen Kreise von 100 Secunden erscheinen. Hält nun ein Beobachter auf der Erde zwischen sein Auge und die Sonne eine mit kreisrunder Oeffnung versehene Metallplatte, deren Durchmesser unter derselben Anzahl von Secunden erscheint, so wird derjenige Theil der hellen Scheibe, welchen man auf diese Weise wahrnimmt, an Größe sowohl als an Glanz die Sonne vom Uranus aus gesehen vorstellen. Im Abstande des Uranus gesehen, waren nämlich die leuchtenden Theilchen 360 Millionen Meilen vom Auge entfernt; sieht man sie von der Erde aus, so ist ihre Entfernung 19 Mal geringer, oder beträgt nur 19 Millionen Meilen. So groß dieser Unterschied allerdings ist, so kommt doch hinzu, daß im ersten Falle alle Punkte der Sonnenoberfläche, ohne Ausnahme, Licht ins Auge sandten, während bei der Beobachtung auf der Erde mittelst eines Metallschirmes, nur ein sehr kleiner Theil des Gestirnes durch die Oeffnung betrachtet wurde. Daß die eintretende Compensation vollständig ist, habe ich schon oben erwiesen*).

*) In meinem Beweise ist zwar nur von ebenen Flächen die Rede gewesen, das

Nachdem diese Vordersätze bewiesen sind, bleibt uns übrig zu untersuchen, auf welche Weise sie zur Entscheidung darüber führen können, ob das Licht der Kometen eigenes oder reflectirtes sei.

Zuvörderst werde ich zeigen, daß die Sichtbarkeit eines Kometen bei gleicher Lichtstärke entweder nicht oder nur unerheblich von dem Winkel, unter welchem der Komet erscheint, abhängig ist.

Wenn man mittelst undurchsichtiger Schirme die Oberfläche eines Fernrohrobjectivs auf den dritten, vierten, zehnten . . . Theil seiner ursprünglichen Oeffnung verkleinert, verringert man in demselben Verhältnisse die Anzahl der Strahlen, welche zur Bildung der Bilder in diesem Fernrohre beitragen, oder mit andern Worten, die Helligkeit der Bilder. Setzt man an die Stelle des zweiten Glases im Fernrohre, (der kleinen Linse in der Gegend des Auges, welche man das Ocular nennt), ein ähnliches Linsenglas, dessen Oberfläche stärker gekrümmt ist, so wächst die Vergrößerung. Auf diese Weise ist es ein Leichtes, den Bildern, die man beobachtet, doppelt, dreifach, vierfach, zehnfach größere Dimensionen in verschiedenen Beobachtungen zu geben.

Da nun das Objectiv des Fernrohrs eine bestimmte Oeffnung hat, so muß die Helligkeit der Bilder bei Anwendung stärkerer Oculare offenbar abnehmen, weil die Lichtmenge, welche die Objectivöffnung unverändert aufnimmt, in diesem Falle über eine größere Oberfläche ausgebreitet wird. Man sieht leicht ein, daß, wenn man den Theil des Objectivglases, welchen die undurchsichtigen Schirme frei lassen, in das gehörige Verhältniß setzt mit den umgewechselten Ocularen, es in jedem Falle ausführbar bleibt, die von der Vergrößerung des Bildes herrührende Abschwächung desselben durch eine größere Strahlenmenge zu ersetzen, so daß man die Bilder des Mondes, eines Planeten oder Kometen nach und nach zwei, drei, vier . . . zehn Mal gegen eine anfängliche Beobachtung vergrößern, und trotzdem gleiche Helligkeit behalten kann.

Wendet man dies Verfahren auf einen Kometen an, dessen Durchmesser, will ich annehmen, eine Minute beträgt, und vergrößert man,

Gesetz gilt indessen ebenso für krumme Flächen; dieser Umstand ließe sich aber nicht beweisen, ohne daß ich genöthigt wäre in Einzelheiten einzugehen, welche gegenwärtiges Kapitel ungebührlich ausdehnen würden.

ohne die Helligkeit zu ändern, der Reihe nach zwei, drei, vier . . . . zehn Mal, so kann man sich überzeugen, daß ein Bild von einer Minute, bei gleicher Helligkeit, ebenso gut erkennbar bleibt, als ein Bild von zwei, drei, vier . . . . zehn Minuten *).

Nach diesen langen Vorbereitungen kann ich ganz in der Kürze zeigen, wie es ohne irgend eine Phasen- oder Polarisations-Beobachtung möglich wird sich zu überzeugen, daß die Kometen in erborgtem Lichte glänzen.

In der That habe ich soeben erwiesen, daß ein selbstleuchtender Körper, sowohl mit bloßem Auge als in einem bestimmten Fernrohre gesehen, genau denselben Glanz beibehalten muß, gleichviel in welcher Entfernung vom Beobachter er sich befindet. Ich habe andrerseits gezeigt, daß die Sichtbarkeit eines Körpers nicht von dem Winkel, unter welchem er erscheint, abhängig ist, solange wenigstens, als dieser Winkel nicht unter gewisse Gränzen hinabgeht. Gibt man dies zu, so bleiben nur noch durch Versuche folgende Fragen zu erledigen: Auf welche Weise verschwindet ein Komet? Ist dies Verschwinden Folge einer allzugroßen Abnahme der scheinbaren Größe des Gestirns, herrührend von großer Zunahme seines Abstandes von der Erde? Muß man es nicht vielmehr einer Aenderung in der Helligkeit zuschreiben? Diese letztere Frage werden alle Astronomen einstimmig bejahen. Die Mehrzahl der beobachteten Kometen, besonders der von 1680 (No. 49 im Verzeichnisse) verschwanden, weil ihre Helligkeit stufenweise abnahm: man kann sagen, sie verlöschten. Noch an dem letzten Tage, bevor man ihre Beobachtungen aufzugeben genöthigt war, hatte man sie unter sehr merklichen Winkeln gesehen. Diese Art des Verschwindens ist aber, wie ich nun ausführlich gezeigt habe, nicht vereinbar mit der

*) Sowohl dieser Versuch als die daraus hervorgehende Folgerung können durchaus keine Ungewißheit zurücklassen, im Falle die natürliche Helligkeit des beobachteten Kometen eine so geringe ist, daß man ihn kaum erkennt; weil derselbe dann bei der geringsten hinzukommenden Abschwächung vollkommen verschwinden würde. Diese Bedingung läßt sich aber in allen Fällen leicht herstellen, und zwar durch Verfahren, wobei weder Objectiv noch Ocular in Betracht kommen, und welche es also immer noch möglich machen, den übrigen Theil des Versuches in der oben angedeuteten Weise auszuführen.

Annahme eigenen Lichtes: folglich entlehnen die Kometen ihr Licht von der Sonne.

Bei den mannigfaltigen Versuchen, durch welche wir diesen Schluß vorbereiteten, sind wir von der Annahme ausgegangen, daß der leuchtende Körper, den man beobachtet, während seiner Distanzänderungen nicht auch seine physische Beschaffenheit ändert; aber diese Bedingung trifft bei den Kometen nicht zu. Die hier entstehende Schwierigkeit ist in der That vorhanden und nöthigt uns zu einigen kurzen Betrachtungen.

Bis vor nicht langer Zeit war man ziemlich allgemein der Meinung gewesen, die Nebelmaterie der Kometen verdichte sich stufenweise in dem Maaße, wie sich der Komet auf seiner elliptischen Laufbahn von der Sonne entfernt. Diese Verdichtung mußte dem Kometen nothwendig größere Helligkeit geben, als er außerdem besessen hätte.

Nun hat uns die Beobachtung gezeigt, daß diese Gestirne nach und nach an Licht abnehmen, während die auf Annahme unveränderter Beschaffenheit gegründete Theorie dieselbe Lichtstärke verlangte. Um so überraschender mußte die wirkliche Zunahme an Helligkeit, welche aus der vermeintlichen Verdichtung der Nebelmaterie mit Nothwendigkeit folgte, diesen Widerspruch zwischen Theorie und Erfahrung erscheinen lassen. Wir konnten aus diesem Grunde in unserer Beweisführung von der angeblichen Verdichtung und Zusammenziehung des Kometennebels sogar mit Recht absehen; heutzutage ist aber im Gegentheile bewiesen, daß die Nebelmasse, statt sich zusammenzuziehen, mit zunehmender Entfernung von der Sonne sich sogar erweitert. Ich kann also nicht ferner, wie ich ehemals in den mir auferlegten öffentlichen Vorlesungen zu thun pflegte, ohne weitere Prüfung aus der stufenweisen Abnahme des Lichtes der Kometen den Schluß ziehen, daß dies Licht reflectirtes sei; vielmehr wird man in Zukunft hierbei auf die zunehmende Zerstreuung der Nebelmaterie Rücksicht zu nehmen haben. Man wird den Beweis liefern müssen, daß die hieraus hervorgehende thatsächliche Abnahme der Helligkeit nicht ausreicht, um zu erklären, weshalb auch die glänzendsten Kometen früher oder später verschwinden, und dieser Nachweis erscheint weder schwierig noch complicirt. Der Leser mag selbst darüber urtheilen.

Bisher sind die hellsten Kometen von der Erde aus unsichtbar

geworden, sobald sie auf ihrer Laufbahn um die Sonne von letzterer um den Halbmesser der Jupitersbahn entfernt waren, d. h. um das Fünffache des Halbmessers derjenigen nahe kreisförmigen Bahn, welche die Erde alljährlich durchläuft. Betrachten wir nun einen Kometen, dessen Perihel, wie beim Kometen vom Jahre 1680 (No. 49 in unserm Verzeichnisse), innerhalb der Venusbahn fällt. Nach den Untersuchungen von Valz wird der Durchmesser seiner Nebelhülle mit den Abständen von der Sonne in folgender Progression zunehmen:

in dem Abstande der Venus	10
in dem Abstande der Erde	29
in dem Abstande des Mars	76
in dem Abstande der Ceres	173
in dem Abstande des Jupiter	278

Diese Reihe der Durchmesser weicht nicht wesentlich ab von der Zahlenreihe:

1, 3, 8, 17, 28.

Hiernach wird sich die Nebelmaterie, welche in der Entfernung der Venus eine Kugel vom Durchmesser Eins erfüllte, in den Entfernungen der Erde, des Mars, der Ceres und des Jupiter zu Kugeln erweitern, deren Durchmesser 3, 8, 17, 28 Mal beträchtlicher sind.

Diese durchsichtigen Kugeln erscheinen uns wegen ihrer großen Entfernung wie bloße Kreisscheiben, und auf der scheinbaren Oberfläche dieser Scheiben sehen wir diese Menge von Nebeltheilchen stets mit größerer oder geringerer Gleichförmigkeit verstreut. Da sich nun die Lichtstärke des Nebels offenbar im umgekehrten Verhältnisse mit der jedesmaligen Dichtigkeit ändert, so wird sie dem Gesetze dieser Kreisflächen folgen, d. h. dem Gesetze der Quadrate der Durchmesser oder der Quadrate von den Zahlen 1, 3, 8, 17, 28.

Ich habe bereits nachgewiesen, daß ein selbstleuchtender Komet, gleichviel in welcher Entfernung man ihn beobachtet, keine andere Aenderung einer Dichtigkeit zeigen könne, als die, deren Ursache und Gesetz ich angegeben habe. Es bleibt also nur noch durch Versuche zu ermitteln, ob diese Aenderungen hinreichen, um die hellsten Kometen unsichtbar zu machen, sobald sie in die Gegend der Jupitersbahn gelangen. Hierbei wird folgendes Verfahren einzuschlagen sein.

Man wähle ein Fernrohr mit großer Oeffnung und schwacher Vergrößerung, und beobachte den Kometen während seiner ganzen Erscheinung. Nun beobachte man den Kometen z. B. an demjenigen Tage, wo er von der Sonne um den Halbmesser der Venusbahn entfernt ist, und untersuche ihn anfänglich mit der allerschwächsten Vergrößerung; darauf mit 3, 8, 17, 28 Mal stärkern Vergrößerungen. Während dieser Versuche wird dieselbe Lichtmenge, (soviel Licht nämlich, als das unveränderliche Objectiv faßt und als zur Bildung des kreisrunden Kometenbildes bei der ersten Beobachtung beitrug), nach und nach über Kreise verbreitet, deren Durchmesser 3, 8, 17, 28 Mal größer sind, als in der anfänglichen Beobachtung. Ist es aber nicht einleuchtend, daß die von den künstlichen Erweiterungen der Kometenmaterie herrührenden Abnahmen der Helligkeit jedes Mal denjenigen gleich sein werden, die aus den entsprechenden natürlichen Erweiterungen herrühren, welche der Komet beim Fortgange von der Sonne erleidet? Wird man nicht den Kometen auf diese Weise durch bloße Vertauschungen des Oculars innerhalb weniger Minuten aus der Entfernung der Venus gewissermaßen in die Entfernungen der Erde, des Mars, der Ceres, des Jupiter versetzen? Wenn dies wirklich der Fall ist, so hat man den Kometen mit dem Fernrohre, unter Anwendung der schwächsten Vergrößerung, beim Durchgange durch die Venusbahn zu beobachten. Hierauf betrachte man ihn mit 3, 8, 17, 28 Mal stärkeren Vergrößerungen. Bleibt er fortwährend erkennbar, so wird man ihn mit der schwächsten ursprünglichen Vergrößerung auch noch dann erkennen müssen, wenn er durch seine eigene Bewegung in Entfernungen von der Sonne gelangt sein wird, die den Halbmessern der Bahnen von Erde, Mars, Ceres, Jupiter gleich sind. Sieht man ihn z. B. nicht mehr zur Zeit, wo er die Jupitersbahn erreicht, so erleidet er noch eine andere als diejenige Abschwächung, die aus der größeren Zerstreuung seiner Masse hervorgeht; d. h. er verhält sich nicht wie ein selbstleuchtender Körper, entlehnt also sein Licht von der Sonne.

Es eignen sich, gebe ich zu, nicht alle Kometen in gleichem Grade zu Versuchen dieser Art. Man muß hauptsächlich Kometen ohne deutlichen Kern und ohne Schweif wählen, weil diese in geringerem Grade, als die übrigen, plötzlichen und unregelmäßigen Gestaltänderungen

unterworfen zu sein scheinen; auch kann man in diesem Falle für wahrscheinlich ansehen, daß bei der eigenthümlichen Ausdehnung, welche sie beim Fortgange von der Sonne erleiden, und für welche Valz das Gesetz aufgestellt hat, alle Theile vom Mittelpunkte bis zum Umfange sich in analoger Weise verändern. Ohne Erfüllung dieser Bedingung ließe sich die natürliche Ausdehnung der Nebelmasse nicht mit derjenigen vergleichen, welche wir in dem vorhergehenden Versuche mit den Ocularen auf künstliche Weise erhielten. Wie wichtig diese Bemerkung ist, wird besonders einleuchten, wenn ich darauf aufmerksam mache, daß sich beim Kometen von 1770 (dem Lerell'schen, No. 85 im Verzeichnisse), Kern und Nebelhülle keineswegs in gleicher Weise änderten.

Zur Erhärtung meiner Behauptung lasse ich hier diejenigen Messungen folgen, welche Messier beim Kometen von 1770 für Kern und Nebelhülle erhielt:

	Tage.	Kern.	Nebelhülle.
1770	17. Juni	1′ 22″	5′ 23″
	22. „	0 33	18 0
	23. „	1 15	27 0
	29. „	1 22	54 0
	2. Juli	1 26	123 0
	3. August ...	0 54	15 0
	12. „ ...	0 43	3 36

Nur eine einzige Schwierigkeit läßt sich, glaube ich, dieser so ausführlich vorgetragenen Methode entgegenhalten. Man könnte sich nämlich vorstellen, die Kometenmaterie sei an sich nicht selbstleuchtend, sondern werde es erst durch Einwirkung der Sonnenstrahlen.

Diese Hypothese wäre im Grunde nur eine Wiederholung des Systems, das Euler in seinen Briefen an eine deutsche Prinzessin entwickelt hat, und demzufolge das Licht, in welchem wir Körper, wie Papier, Porzellan u. s. w. erblicken, nicht aus eigentlich reflectirten Lichtstrahlen bestände, sondern vielmehr aus einer besondern Gattung von Licht, welches diese Körper dadurch erzeugten, daß sie durch Einwirkung der Sonnenstrahlen in Schwingungen versetzt würden. Man erkennt indessen leicht, daß dies nur eine theoretische Schwierigkeit ist,

die ebenso gut auf das Licht des Mondes, der Planeten und der Satelliten Anwendung fände, als auf das der Kometen. Meine Absicht in diesem Kapitel war allein Mittel ausfindig zu machen, um zu entscheiden, ob die Kometen, was ihr Licht anbetrifft, in dieselbe Rangordnung wie unser Mond, Mars, Jupiter, Saturn u. s. w. gehören. Ob dagegen das Licht, in welchem wir gefärbte Körper erblicken, an der Oberfläche der dünnen Lamellen der Körper, wie Newton annahm, reflectirt wird, oder ob es von einer Erschütterung herrührt, welche die Körperheilchen dem Aether mittheilen, dies ist, meine ich, eine Frage von ganz anderer Tragweite, die ich hier nicht zu erörtern habe.

Neunundzwanzigstes Kapitel.

Ob es ausgemacht sei, daß man niemals einen deutlich gefärbten Kometen gesehen habe?

Durchblättert man die Chroniken und Kometographieen, so trifft man nur äußerst wenige Fälle, in welchen von einer entschiedenen Färbung des Lichts eines Kometen die Rede ist, und überdies wird die Färbung alsdann fast ausschließlich als röthlich oder gelb bezeichnet.

Die Schweife der in den Jahren 146 vor Chr., 662, 1526 nach Chr. erschienenen Kometen waren, den Berichten zufolge, von schöner, rother Färbung.

Der Schweif des Kometen von 1533 war, nach dem Urtheile der Zeitgenossen, schön gelb.

Gemma versichert, der Komet von 1556 (No. 30 im Verzeichnisse) sei an Farbe dem Mars ähnlich gewesen. Doch mit der Zeit, fährt er fort, verwandelte sich diese Röthe in Bläſſe.

Der Schweif des Kometen von 1618 (No. 40 im Verzeichnisse) war sehr lebhaft roth. Nach Messier's Bemerkung war der Kern des Kometen von 1769 (No. 84 im Verzeichnisse) ein wenig röthlich gefärbt.

William Herschel erkannte bei Beobachtung des Kometen von 1811 (No. 124 im Verzeichnisse), daß sein etwas röthlicher Kern den Mittelpunkt des Nebels einnahm; das Licht des Kopfes dagegen, bemerkt er, war bläulich-grün[69].

Ob aber diese Färbung wirklich vorhanden war, oder ob der röthliche Centralkörper die umliegenden Dünste nur durch Contrast färbte, hat Herschel auszumitteln nicht versucht.

In einiger Entfernung schien der Kopf auf der der Sonne zugewandten Seite von einer schmalen, glänzend hellen Zone umgeben, welche etwa einen Halkreis umfaßte und deutlich gelb gefärbt war.

Sowohl die älteren als die neueren derartigen Beobachtungen würden ein hohes Interesse darbieten, wäre man berechtigt daraus den Beweis herzuleiten, daß das Licht dieser Kometen nicht von der Sonne herrührte, indem es nicht die weiße Farbe der Sonnenstrahlen zeigte. Um aber eine solche Folgerung aufzustellen, müßte man nicht eingedenk sein, daß salpetersaures Gas, Chlor, Joddämpfe u. s. w. sehr deutlich gefärbt erscheinen, selbst wenn sie nur vom weißen Sonnenlichte beschienen werden.

Dreißigstes Kapitel.

Ueber die Helligkeitsänderungen der Kometen.

Einem ersten, flüchtigen Eindrucke zufolge war fast bei allen Astronomen die Behauptung gewöhnlich geworden, der Halley'sche Komet werde fortwährend schwächer. Wir haben indessen bereits im 20. Kapitel (S. 332), aus den Quellen schöpfend, im Gegentheile gefunden, daß der Komet in der Zeit zwischen seinen beiden Periheldurchgängen von 1759 und 1835 vielmehr zugenommen als abgenommen habe.

Keppler berichtet vom Schweife des Kometen von 1607, derselbe sei zuerst kurz gewesen, in einem Augenblicke aber lang geworden. Vendelinus, Snellius und der Pater Cysat wollen übereinstimmend an den Rändern des Schweifes von 1618 (No. 40 im Verzeichnisse) wellenförmige Bewegungen bemerkt haben, gleichsam als ob diese Ränder vom Winde bewegt würden. Aehnliche Bewegungen hat auch Hevel gesehen, bei aufmerksamer Beobachtung der Kometen von 1652 und 1661 (No. 41 und 42 in unserm Verzeichnisse). Pingré endlich versichert, er habe auf dem Meere, in der Nähe der canarischen Inseln,

im Schweife des Kometen von 1769 (No. 84 im Verzeichnisse) sehr deutlich wellenförmige Bewegungen gesehen, die denen, welche die Nordlichter zeigen, ähnlich waren; er gibt an, daß gewisse Sterne ihm bisweilen ganz bestimmt innerhalb des Schweifes erschienen, die kurze Zeit danach beträchtlich davon entfernt standen[70]).

Zur Erklärung dieser Erscheinungen ist nicht durchaus nothwendig anzunehmen, daß die Schweifmaterie plötzliche Ortsveränderungen erlitten habe, weder in der Richtung der Länge noch in der Richtung der Breite: plötzlich eintretende Helligkeitsänderungen würden den Beobachtungen in allen Einzelheiten entsprechen. Aber selbst in dieser Auffassungsweise liegt der Erscheinung, nach der fast allgemeinen Ansicht der Astronomen, nichts Wirkliches zu Grunde; die fast urplötzlichen Aenderungen, welche Keppler, Snellius, Hevel, Pingré eintreten sahen, sind möglicherweise nur Folge des Dazwischentretens atmosphärischer Dünste zwischen Gestirn und Auge des Beobachters.

Meinerseits gestehe ich, daß ich früherhin geneigt war, mich der allgemeinen Ansicht anzuschließen; die Erscheinungen indessen, welche uns der Halley'sche Komet bei seiner letzten Wiederkehr im Jahre 1835 gezeigt hat, müssen mich gegenwärtig zu größerer Vorsicht mahnen. Ich halte es heutzutage, um mich bestimmt auszusprechen, nicht länger für unmöglich, daß plötzlich sowohl im Kerne des Kometen als auch in der Nebelhülle und im Schweife allgemeine oder theilweise Helligkeitsänderungen eintreten können. Ohne hier wiederum zu erinnern an jenes mehrmalige Erscheinen und Verschwinden leuchtender Sectoren, welche ich oben besprochen habe (23. Kap. S. 347), will ich hier als Stütze für meine gegenwärtigen Zweifel nur anführen, daß ich den Kometenschweif am 18. November 1835, bei vollkommen reinem Himmel, nur halb so groß fand, als derselbe noch am 16. November, unter weniger günstigen atmosphärischen Umständen beobachtet worden war, und daß der Komet im Allgemeinen, mit seinem Aussehen am vorvorigen Abende verglichen, außerordentlich schwächer geworden war. Unterdessen hatte sich der Komet aber der Sonne genähert, und hätte also, statt an Helligkeit einzubüßen, im Gegentheile zunehmen müssen. Wenn der eigentliche Grund einer Erscheinung so vollständig unbekannt ist, daß sich die Erscheinung sogar unserer Voraussicht, unsern Theorieen

entgegen entwickelt, so wäre es wahrhaft kindisch zu nennen, wollte man an Schwierigkeiten im Einzelnen Anstoß nehmen.

Auch die Nebelhülle der Kometen führt bei näherer Betrachtung auf unlösliche Schwierigkeiten. Allerdings scheint im ersten Augenblicke die Vorstellung sehr natürlich, daß diese Nebelhülle Nichts sei, als eine Anhäufung permanenter Gase und vom Kerne aufgestiegener Dünste, auf welche die Sonnenstrahlen ununterbrochen einwirken; aber wie will man in dieser Voraussetzung die concentrischen, leuchtenden Hüllen erklären, deren ich im Vorhergehenden erwähnt habe? Warum, frage ich ferner, liegt der Kern nicht selten excentrisch nach der Sonne hin, bisweilen aber auch auf der entgegengesetzten Seite, u. s. w.?

Nur durch zahlreiche Beobachtungen und durch Versuche, die nach den wahren Grundsätzen der Photometrie anzustellen sind, werden wir uns von den optischen Eigenschaften der Kometenmaterie unterrichten können, und erfahren, ob wir dieselbe für identisch halten dürfen mit der an der Erdoberfläche und im Laboratorium des Chemikers vorhandenen Materie, oder ob wir sie sorgfältig davon zu unterscheiden haben.

Jedenfalls ist es heutzutage ausgemacht, daß es Kometen durchaus verschiedener Art gibt; denn welcher Vergleich ließe sich, in Betreff der physischen Beschaffenheit, vernünftiger Weise aufstellen zwischen jenen glänzenden Kometen, von denen im 16. Kapitel (S. 296) die Rede gewesen, und jenen andern Kometen, die man seit den letzten funfzig Jahren beobachtet, und die fast vollständig verschwinden, sobald man, um ihren Ort zu bestimmen, nur soviel Licht in das Feld des Fernrohrs fallen läßt, als zur Beleuchtung der Fäden unumgänglich ist.

Aus der von uns bisher durchgeführten Untersuchung haben wir, dünkt mich, zu folgern, daß in unserm Systeme Kometen vorhanden sind:

ohne Kern;

mit möglicherweise durchsichtigem Kerne;

endlich solche Kometen, welche die Planeten an Helligkeit übertreffen, und vermuthlich einen festen und undurchsichtigen Kern besitzen.

Einunddreißigstes Kapitel.

Ueber die Massen der Kometen.

Sehr helle Kometen, bei welchen sich der Kern mit den Kernen der Planeten vergleichen ließe, sind ziemlich selten; auch folgt aus den teleskopischen Beobachtungen, daß die Masse der Kometen in der Regel sehr gering ist. Zu demselben Schlusse führt uns eine sorgfältige Untersuchung der Bewegung derjenigen Planeten, in deren Nähe die Kometen bisweilen vorübergehen.

Der Lexell'sche Komet vom Jahre 1770 (No. 85 unsers Verzeichnisses) ist einer von denen, welche uns bisher am nächsten gekommen sind, denn sein kleinster Abstand von der Erde betrug nicht mehr als 300000 geographische Meilen. In seiner größten Nähe stand er noch sechs Mal entfernter von uns, als der Mond, und Laplace hat berechnet, daß seine Umlaufszeit damals durch die bloße Einwirkung der Erde um mehr als zwei Tage vergrößert wurde. Aber auch die Zeit, welche die Erde braucht, um zu demselben Punkte in ihrer Bahn zurückzukehren, mußte infolge der Gegenwirkuug der Kometen (um diesen Ausdruck zu gebrauchen), eine Verlängerung erleiden. Setzt man die Kometenmasse der Erdmasse gleich, so ergeben sich für diese Aenderung 2 Stunden 53 Minuten; durch Beobachtungen ist aber erwiesen, daß die Jahreslänge im Jahre 1770 sich nicht um eine Secunde änderte, folglich ist die Annahme, von der wir ausgingen, als wir die Masse des Kometen von 1770 der Erdmasse gleich setzten, beträchtlich zu groß gewesen. Eine einfache Proportion genügt, um aus den vorstehenden Zahlen die Folgerung herzuleiten, daß die Kometenmasse nicht einmal den fünftausendsten Theil von der Erdmasse betrug. Durch dies Ergebniß wird zugleich erklärlich, wie jener Komet von 1770 zwei Mal das System der Jupiterstrabanten durchschreiten konnte, ohne darin die geringste Aenderung hervorzubringen [71]).

Duséjour hat durch Rechnung gefunden, daß, wenn ein der Erde an Masse gleicher Komet in der Entfernung von nur 7500 geographischen Meilen bei uns vorüberginge, dadurch die Jahreslänge bis auf 367 Tage 16 Stunden 5 Minuten zunehmen und die Schiefe der Ekliptik

sich um 2 Grade ändern würde. Hiernach würde ein solches Gestirn, trotz seiner so bedeutenden Masse und des geringen Abstandes, auf unserer Erde nur eine einzige (?) Revolution, die des Kalenders nämlich, hervorzubringen im Stande sein.

Aus nachfolgender Tafel kann man ersehen, wie stark die am günstigsten belegenen Kometen sich der Erdbahn nähern können:

	Kürzeste Entfernung von der Erdbahn.
Biela'scher Komet (Erscheinung vom J. 1832)	$3^1/_2$ Tausend Meilen
Komet von 1680 (No. 49 im Verz.)	96 " "
Komet von 1684 (No. 51 im Verz.)	175 " "
Komet von 1742 (No. 67 im Verz.)	269 " "
Komet von 1779 (No. 90 im Verz.)	282 " "

Will man aber die Entfernungen von unserer Erde berechnen, in denen sich die Kometen wirklich in dem Augenblicke befinden, wo sie der Erdbahn so nahe als überhaupt möglich kommen, so hat man außer obiger Tafel noch diejenige Stellung zu berechnen, welche die Erde an dem Tage einnimmt, wo jeder Komet die Ebene dieser Bahn durchschneidet, in derselben Weise, wie ich dies bei Gelegenheit des Biela'schen Kometen gezeigt habe (8. Kap., S. 261).

Zweiunddreißigstes Kapitel.

Kann ein Komet mit der Erde oder irgend einem andern Planeten zusammenstoßen?

Infolge gewisser anfänglichen Ursachen, deren Natur uns unbekannt ist, und die nichtsdestoweniger schon verschiedenen, mehr oder weniger annehmbaren kosmogonischen Theorieen zu Ausgangspunkten gedient haben, beschreiben alle Planeten in unserm Sonnensysteme ihre Umläufe um die Sonne in derselben Richtung und in nahezu kreisförmigen Bahnen. Die Kometen hingegen bewegen sich in äußerst langgestreckten Laufbahnen, und verfolgen dabei alle möglichen Richtungen. Auf dem Wege von ihren Sonnenfernen her durchschneiden sie fortwährend unser Sonnensystem und dringen ein in die innerhalb der Planetenbahnen belegenen Räume; nicht selten durchschreiten sie sogar den Raum zwischen

Merkur und Sonne. Unmöglich ist es also nicht, daß ein Komet mit der Erde zusammenstoße.

Aber wenn wir auch die Möglichkeit eines Zusammenstoßes zugestehen müssen, ist doch die Wahrscheinlichkeit eines solchen, wie ich sogleich bemerklich mache, außerordentlich gering. Dies wird sofort einleuchtend, wenn man die Unermeßlichkeit des Raumes, in welchem sich unsere Erde und die Kometen bewegen, mit der geringen Größe dieser Körper vergleicht. Von der Rechnung unterstützt, kann man indessen hierin viel weiter gehen; die in Frage stehende Wahrscheinlichkeit läßt sich nämlich numerisch berechnen, sobald man über den Durchmesser des Kometen im Vergleich mit dem Erddurchmesser eine bestimmte Voraussetzung macht.

Denken wir uns den Fall eines Kometen, von welchem Nichts weiter bekannt wäre, als daß er in seinem Perihele näher bei der Sonne steht, als wir selbst, und daß sein Durchmesser den vierten Theil vom Erddurchmesser beträgt: die Wahrscheinlichkeitsrechnung lehrt alsdann, daß unter 281 Millionen möglicher Fälle nur ein einziger ungünstiger für uns ist, d. h. daß nur ein einziger Fall den Zusammenstoß beider Körper herbeiführt.

Ohne fürchten zu müssen, daß dadurch die Geistesruhe gestört werden könne, welche auch die ängstlichsten Gemüther aus der vorstehenden Zahl schöpfen müssen, will ich hinzufügen, daß, wenn wir bei Berechnung der Wahrscheinlichkeit des Zusammenstoßes der Erde und eines Kometenkernes von einer entsprechenden Annahme für den Durchmesser des Kernes ausgehen, indem wir denselben gleich dem vierten Theile des Erddurchmessers setzen, wir in vielen Fällen beträchtlich hinter der Wahrheit zurückbleiben würden. Die durch Rechnung gefundene Wahrscheinlichkeit des Zusammenstoßes würde viel zu gering sein, sobald es sich nicht mehr um den eigentlichen Kern handelte, sondern um die denselben von allen Seiten umgebende Nebelhülle. Ohne Uebertreibung ließe sich obige Wahrscheinlichkeit in diesem Falle aber verzehnfachen.

Richtige Begriffe von der Wahrscheinlichkeitsrechnung sind noch so wenig verbreitet, und über den Sinn der numerischen Resultate, welche diese Rechnung ergibt, täuscht man sich im Publikum bisweilen

auf so seltsame Weise, daß ich einen Augenblick daran denken konnte, das gegenwärtige kurze Kapitel ausfallen zu lassen; es scheint mir indessen von Wichtigkeit hier darauf hinzuweisen, daß sich zwei wesentlich verschiedene Fragen darbieten.

Bei den periodischen Kometen, wo die Bahn bekannt ist, und wo man sehr nahe richtig die Zeit der nächsten Wiederkehr bestimmen kann, also bei den Kometen von Halley, Encke, Biela und Faye, kennt man den kleinsten Abstand von der Erde oder kann denselben mit Sicherheit berechnen. Hier ist also keine Veranlassung gegeben, von obigen Betrachtungen aus der Wahrscheinlichkeitsrechnung Anwendung zu machen.

Ganz anders hingegen, dies muß man sich klar machen, stellt sich die Aufgabe in den Rechnungen, von welchen ich die Ergebnisse mitgetheilt habe. Hier handelt es sich nämlich darum, ohne Kenntniß von Gestalt und Lage der Kometenbahn zu ermitteln, wie groß für die Erde die Wahrscheinlichkeit ist, mit dem Kometen zusammenzustoßen. Von dieser Fassung der Frage ausgehend, haben wir für den eigentlichen Kern gefunden, daß ein einziger Fall des Zusammenstoßes, also ein einziger ungünstiger Fall auf 280999999 günstige Fälle kommt. Für die Nebelhülle in ihrer am häufigsten vorkommenden Größe würden etwa 10 oder 20 ungünstige Fälle derselben Anzahl von 281 Millionen entsprechen. Wollte man für den Augenblick zugeben, daß die Kometen, wenn sie mit ihrem Kerne gegen die Erde stießen, das ganze menschliche Geschlecht vernichten würden; so würde die Todesgefahr, in der jeder Einzelne beim Erscheinen eines unbekannten Kometen schwebte, genau der Gefahr gleich sein, die er liefe, wenn in einer Urne unter 281 Millionen Kugeln nur eine einzige weiße Kugel befindlich wäre, und das Herausziehen dieser weißen Kugel beim ersten Griffe unausbleiblich ein Todesurtheil für ihn wäre.

Wer nicht auf den Gebrauch seiner Vernunft von vornherein verzichtet, der wird, wie starke Bande ihn immerhin an das Leben fesseln mögen, eine so geringe Gefahr sicherlich belächeln; nun wohl, jeder neue Komet, dessen Entdeckung gemeldet wird, ist, bevor er noch beobachtet und sein Lauf berechnet wurde, für den einzelnen Bewohner der Erde jener soeben erwähnten weißen Kugel in der Urne vergleichbar.

Die Rechnungen, welche wir für die Gefahr des Zusammen-

treffens eines Kometen mit der Erde angestellt haben, würden durchaus dieselben bleiben, wollten wir die anderen Planeten in Betracht ziehen; es findet keine andere Auflösung des Problems statt. Unmöglich ist es demnach nicht, daß ein Komet irgend einmal mit Merkur, Venus, Jupiter oder einem andern Gliede des Sonnensystems zusammenstoße[72]).

Dreiunddreißigstes Kapitel.

Findet sich unter den gesammten astronomischen Erscheinungen Grund zu der Annahme, daß jemals Kometen in die Sonne gestürzt seien?

Als der Komet von 1680 (No. 49 im Verzeichnisse) in seiner Sonnennähe stand, war er von der Oberfläche der Sonne nur 26000 Meilen entfernt, d. h. etwa um den sechsten Theil des Durchmessers dieses Gestirnes*). In so großer Nähe bei dieser ungeheuren Kugel hat möglicherweise die Atmosphäre, welche die Sonne umgibt, eine merkliche Dichte, und wird in diesem Falle auf die hindurchgehenden Körper Wirkungen ausüben, welche keineswegs zu vernachlässigen sind. Ganz besonders muß dies von den Kometen gelten, deren Geschwindigkeit in der Sonnennähe beträchtlich ist, und welche im Allgemeinen eine sehr geringe Dichtigkeit besitzen. Infolge dieses atmosphärischen Widerstandes mußte beim Kometen von 1680 nothwendig die Tangentialgeschwindigkeit abnehmen. Verlangsamt sich aber ein Himmelskörper in seinem Laufe, aus irgend welcher Ursache, so nimmt die Centrifugalkraft ab, und sofort gewinnt die Centripetalkraft, der jene bisher das Gleichgewicht hielt, die Oberhand; der Körper verläßt als-

*) Im Augenblicke des Periheldurchganges jenes Kometen mußte die Sonne daselbst 73 Grade groß erscheinen, sodaß zwei und ein halber ihrer Durchmesser hinreichten, um den Raum zwischen einem Punkte am Horizonte und dem gegenüberliegenden Punkte ganz auszufüllen. Besitzt dieser Komet, wie man angenommen hat (17. Kap., S. 309), eine Umlaufszeit von 575 Jahren, so muß die Sonne, von seinem Aphel aus gesehen, unter einem Winkel von nur 14 Secunden erscheinen: aber ein Winkel von 14 Secunden ist sogar kleiner als derjenige Winkel, unter dem uns der Halbmesser des Mars zur Zeit seiner Opposition erscheint, wenn der Planet um Mitternacht durch den Meridian geht.

dann seine bisherige Bahn, um sich dem Mittelpunkte der Anziehung zu nähern. Aus diesem Grunde mußte der in Rede stehende Komet im Jahre 1680 näher, als bei seiner vorigen Erscheinung, an der Sonnenoberfläche vorbeigehen, und diese Abnahme in den Dimensionen der Bahn wird sich bei jedem neuen Periheldurchgange fortsetzen, dergestalt daß der Komet von 1680 zuletzt in die Sonne fallen muß. Analoge Schlüsse würden sich Punkt für Punkt auf den Kometen von 1843 (No. 164 im Verzeichnisse) anwenden lassen, der in noch größerer Nähe bei der Sonne vorüberging, als der Komet von 1680 (14. Kap. S. 290).

Diese Betrachtungen stützen sich auf unbestreitbare Grundsätze der Mechanik, und derselbe Grad der Sicherheit gebührt also der daraus hergeleiteten Folgerung. Eingestehen müssen wir freilich, daß bei der vollständigen Unkenntniß, in welcher wir uns über die Dichtigkeit der übereinanderliegenden Schichten der Sonnenatmosphäre befinden, sowie über die Dichtigkeit der Kometen von 1680 und 1843 und über ihre Umlaufszeit, es unmöglich wäre zu berechnen, nach wie vielen Jahrhunderten jenes seltsame Ereigniß eintreten muß, das ich soeben angedeutet habe. Im Uebrigen bieten uns die Geschichtschreiber der Astronomie Nichts dar, was uns zu der Annahme eines solchen Ereignisses in den historischen Zeiten veranlassen könnte.

Wenden wir uns daher zu älteren Epochen, die in dem Dunkel der Zeiten vergraben liegen, und untersuchen wir, ob sich unter den gegenwärtigen Zuständen unsers Planetensystems einige darbieten, deren Erklärung uns zu der Annahme nöthigen könnte, daß jemals ein Komet auf den Sonnenkörper gefallen sei.

Die sämmtlichen Planeten umkreisen die Sonne von West nach Ost, und zwar in Ebenen, die untereinander wenig geneigt sind.

So wie die Planeten um die Sonne, bewegen sich ihrerseits auch die Monde um ihre Hauptplaneten, d. h. in der Richtung von West nach Ost. Endlich drehen sich auch diejenigen Planeten und Monde, deren Rotationsbewegungen bisher beobachtet werden konnten, um ihre Axe von West nach Ost, und dies geschieht großentheils auch in der Ebene ihrer fortschreitenden Bewegung. Wie außerordentlich merk-

würdig ein solches Zusammentreffen sei, wird man besser einsehen, sobald ich die soeben erwähnten Bewegungen im Einzelnen aufzähle.

Umdrehungsbewegungen haben die Astronomen beobachtet bei der Sonne, bei Merkur, Venus, Erde, Mars, Jupiter und Saturn; ferner beim Monde, bei den vier Jupitersmonden, beim Ringe des Saturn und beim äußersten Monde dieses Planeten: also zusammen bei 14 Himmelskörpern. Zählen wir hierzu zunächst die fortschreitenden Bewegungen der genannten Gestirne, ferner die analogen Bewegungen derjenigen Planeten und Monde, welche wegen ihrer geringen Größe oder aus andern Gründen bisher eine Beobachtung der Rotation nicht gestatteten; so ergeben sich schließlich 72 Bewegungen, welche sämmtlich in der Richtung übereinstimmen. Bis jetzt machen allein die Monde des Uranus eine Ausnahme von diesem Gesetze. Nun lehrt aber die Wahrscheinlichkeitsrechnung, daß man mehrere Milliarden gegen Eins wetten kann, diese Einrichtung in unserm Sonnensysteme sei keine zufällige, und es bleibt also Nichts übrig als anzunehmen, daß eine physische Grundursache auf die Bewegungen der Planeten zur Zeit ihres Entstehens eingewirkt habe.

Von diesem hohen Gesichtspunkte aus hat zuerst Buffon unser Sonnensystem betrachtet; er versuchte es, bis zum Ursprunge der Planeten und der Monde zurückzugehen, und den Grund der vorhandenen Gemeinschaftlichkeit der Bewegungen bei allen diesen Gestirnen aufzusuchen [73]).

Er nimmt an, ein Komet sei in schiefer Richtung in die Sonne gefallen, und habe deren Oberfläche gestreift, oder sie wenigstens nur bis zu geringer Tiefe gefurcht. Von dem Strome flüssiger Masse, bemerkt er ferner, den der Komet vor sich her trieb, seien diejenigen Theile, welche bei gleichem Volumen die leichtesten waren, am stärksten fortgeschleudert worden, und hätten sich am weitesten von der Sonne entfernt. Er nimmt nun ferner an, daß diese Theile nach ihrer Concentration ungemein große Planeten, wie Saturn und Jupiter bildeten, die in der That von sehr geringer Dichtigkeit sind; daß die dichtesten Theile dagegen sich in größerer Nähe beim Ausgangspunkte zusammenballten, und hier Merkur, Erde und Mars bildeten; und daß die Planeten mithin anfänglich glühend und in vollkommen geschmolzenem

Zustande waren. Hierbei nahmen dieselben, wie Buffon meint, sämmtlich regelmäßige Gestalten an, und kühlten sich nach und nach dergestalt ab, daß sie das Ansehen gewannen, in welchem wir sie heutzutage beobachten.

Man hat gegen das Buffon'sche System Einwürfe gemacht aus der Größe, aus der Masse und der beträchtlichen Geschwindigkeit, welche ein Komet besitzen müsse, um von der Sonne soviel Materie abzureißen, als die Gesammtheit der Planeten und Monde in unserm Systeme besitzt, doch derartige Einwürfe finden stets eine Erwiederung, indem in der Natur der Sache kein Hinderniß vorhanden ist, dem gegen die Sonne stoßenden Kometen soviel Masse beizulegen, als irgend eine Theorie erfordern möchte. Uebrigens ist es von Nutzen, sogleich an dieser Stelle die Bemerkung einzufügen, daß alle Planeten und Monde in einer Summe vereinigt, nur einen sehr geringen Theil der Sonnenmasse ausmachen, wie wir dies später berechnen wollen.

Zweifelsohne würden Himmelskörper, welche nach dieser Buffon'schen Hypothese entstanden wären, in ihren fortschreitenden Bewegungen jene Uebereinstimmung in den Richtungen besitzen, die man in unserm Planetensysteme wahrnimmt; doch würde das bei den Rotationsbewegungen nicht der Fall sein, denn diese könnten in einer der fortschreitenden Bewegung entgegengesetzten Richtung vor sich gehen. So könnte sich z. B. die Erde, während sie ihre jährliche Bahn, wie in der That geschieht, von West nach Ost durchläuft, um ihren Mittelpunkt von Ost nach West drehen. Derselbe Einwand muß auch für die Bewegungen der Monde gelten, denn bei diesen brauchte die Richtung nicht nothwendig mit der Richtung der fortschreitenden Bewegung des Hauptplaneten übereinzustimmen. Die Buffon'sche Hypothese erklärt also nicht alle Umstände des Phänomens, und durch sie ist also das Geheimniß der Entstehung der Planeten nicht entschleiert. Aus dieser Theorie lassen sich demnach keine Schlüsse für die Behauptung ziehen, daß zur Zeit, als unser System entstand, ein Komet auf die Sonne gestürzt sei.

Zu diesem soeben angeführten Einwande kann ich einen zweiten hinzufügen, der sich auf Betrachtungen gründet, welche uns die neueren Beobachtungen, von denen Buffon keine Kenntniß besaß, darbieten.

Würde irgend ein fester Körper, z. B. eine Kanonenkugel, in der gehörigen Richtung und mit der hierzu erforderlichen Geschwindigkeit in den Raum geschleudert, damit daraus ein Mond der Erde hervorginge, so müßte derselbe bei jedem neuen Umlaufe wiederum durch den Ausgangspunkt hindurchgehen, wenigstens wenn man dabei vom Widerstande der Luft absähe. Dies ist eine ganz sichere Folge aus den ersten Grundsätzen der Mechanik.

Hätte nun der Buffon'sche Komet, als er auf die Sonne fiel, feste Stücke von derselben losgerissen, und wären die Planeten unsers Systems ursprünglich dergleichen Bruchstücke gewesen, so hätten sie bei jedem Umlaufe die Sonnenoberfläche in derselben Weise gestreift; wie sehr dies aber von der Wahrheit entfernt ist, weiß Jedermann. Auch glaubte unser großer Naturforscher in der That nicht, daß die Materie, aus der unsere Planeten bestehen, in gesonderten und bereits gebildeten Massen herausgeschleudert worden sei, sondern er nahm an, wie ich schon erwähnte, daß der Komet einen wahren Strom flüssiger Materie hervorgestoßen habe, in welchem ebensowohl die gegenseitigen Stöße der verschiedenen Theile aufeinander, als auch die Wirkungen der gegenseitigen Anziehungen jede Aehnlichkeit mit der Bewegung fester Körper verhinderte. Stillschweigend setzt also das Buffon'sche System voraus, daß die Sonnenmaterie, wenigstens an der Oberfläche, sich in flüssigem Zustande befindet. Widersprechen aber nicht die neueren Beobachtungen einer derartigen physischen Constitution?

Die schnellen Formenänderungen, welche die dunkeln und hellen Sonnenflecken fortwährend erleiden, die ungemein großen Räume, über welche sich diese Aenderungen in äußerst kurzer Zeit erstrecken, hatten schon seit einigen Jahren zu der sehr wahrscheinlichen Annahme veranlaßt, daß Erscheinungen dieser Art nothwendig in einem gasförmigen Medium vor sich gehen müssen. Gegenwärtig ist dies durch Versuche ganz anderer Art, durch Lichtpolarisationsversuche, die man auf der pariser Sternwarte angestellt hat, auf ganz unzweideutige Weise erwiesen (14. Buch, Kap. 6. S. 94). Ist aber der äußere, glühende Theil der Sonne ein Gas, so leuchtet ein, daß Buffon's System in seiner eigentlichen Grundlage irrig ist und sich nicht länger vertheidigen läßt.

Allerdings ließe sich anführen, daß der dunkle Körper, dem diese Lichtatmosphäre nur als Hülle dient, daß der Centralkörper, den diese Hülle, wo sie stellenweise zerreißt, durchblicken läßt, möglicherweise flüssig sei, aber dies wäre eine durchaus willkürliche Annahme, welche sich auf keine genaue Beobachtung stützte.

Trotz dieser gewichtigen Einwände würde es dennoch rathsam erscheinen, die Entscheidung über diese Hypothese noch auszusetzen, besäßen wir zur Erklärung jener merkwürdigen Uebereinstimmung aller fortschreitenden und rotatorischen Bewegungen der Planeten in unserm Systeme keine andere Theorie, als die Buffon'sche. Aber in diesem Falle befinden wir uns nicht mehr: die so sinnreichen Hypothesen von Laplace (obgleich auch sie noch einige Zweifel zurücklassen müssen), liefern wenigstens den Beweis dafür, daß sich das große kosmogonische Problem, um welches es sich hier handelt, auch auf Grundursachen zurückführen läßt, die durchaus verschieden sind von denen, welche der französische Plinius in Thätigkeit gesetzt hatte.

Zum Schlusse der Betrachtungen, denen dies Kapitel gewidmet war, kommen wir also, was auch Buffon darüber sagen mag, zu dem Ergebnisse, daß Nichts den Beweis liefert, „die Planeten hätten ursprünglich zur Sonne gehört, von welcher sie eine allen gemeinschaftliche antreibende Kraft losgerissen haben soll, die ihnen noch gegenwärtig innewohnt." Ist dieser Schluß richtig, so nöthigt uns Nichts zu der Annahme, daß ein Komet zum Entstehen unsers Planetensystems mitgewirkt habe, und ebensowenig weist irgend etwas darauf hin, daß eines dieser Gestirne jemals in die Sonne gestürzt sei. Viel wahrscheinlicher ist, wie auch Laplace sich vorstellte, daß die Kometen ursprünglich nicht zum Planetensysteme gehörten, und ebensowenig aus dem großen Sonnennebel entstanden sind; man kann sie nur für kleine, umherziehende Nebelflecke halten, die durch die Anziehungskraft der Sonne von ihrer Bahn abgelenkt wurden.

Vierunddreißigstes Kapitel.

Haben sich Kometen auf Fixsterne gestürzt?

An einer früheren Stelle habe ich der Erzählung des Plinius erwähnt, wonach zu Hipparch's Zeiten (also vor etwa 2000 Jahren) plötzlich im Norden ein Stern sichtbar wurde, der jenen großen Astronomen zuerst auf den Gedanken brachte, das Fixsternverzeichniß aufzustellen, welches ihm die Wissenschaft verdankt, und das uns Ptolemäus aufbewahrt hat (9. Buch, Kap. 27. Bd. I. der Astr. S. 353).

Auch haben wir erfahren, daß sich diese Erscheinung in den Jahren 1572 und 1604 wiederholte.

Den neuen Stern vom Jahre 1572 erblickte Tycho=Brahe am 11. November am nördlichen Himmel, im Sternbilde der Cassiopeja; er übertraf an Glanz den hellsten Stern am Himmel, den Sirius, und verbreitete fast ebensoviel Licht als der Planet Venus. Als Keppler's Schüler am 10. October im Süden, im Sternbilde des Schlangenträgers, den Stern von 1604 beobachteten, übertraf er Jupiter an Glanz, obgleich er noch in der vorhergehenden Nacht sehr klein erschienen war. Nach funfzehn Monaten war jede Spur von ihm verschwunden. Auch der neue Stern in der Cassiopeja war fast anderthalb Jahre lang sichtbar gewesen.

Ich habe von mehreren andern kurzzeitigen Sternen berichtet, und habe mitgetheilt, daß sich im Jahre 1848 ein ähnliches Phänomen unter unsern Augen zutrug. Im Ganzen könnte man gegenwärtig zehn Sterne aufführen, deren Vorhandensein nur eine bestimmte Zeit lang nachgewiesen werden kann.

Die Fixsterne sind wirkliche Sonnen, um welche sich höchst wahrscheinlich Planeten und Kometen bewegen. Jene Thatsachen, an welche ich soeben erinnerte, liefern nun den Beweis, daß außer der Zahl der hellen Sterne noch andere Sterne am Himmel vorhanden sind, solche, die gewissermaßen erschöpft und erloschen sind, ganz dunkle Sterne. Newton war der Ansicht, Sterne dieser Gattung könnten sich wieder entzünden und plötzlich in ihrem alten Glanze erscheinen, wenn Kometen auf sie stürzten, und ihnen dadurch neuer Brennstoff zugeführt würde.

Ließe man diese Erklärung gelten, so würde daraus folgen, daß

Kometen zehn Mal im Laufe der historischen Zeiten, wenn auch nicht in die noch hellleuchtende Sonne unsers Planetensystems, doch wenigstens in jene schon verkrusteten Sonnen gestürzt seien, um welche andere Planeten, andere Kometen ihre Umläufe vollenden.

Newton's großer Name darf mich nicht verhindern darauf aufmerksam zu machen, daß die Gleichstellung des Glühens der Himmelskörper mit unsern gewöhnlichen Feuern, und die Vergleichung der Kometen mit den Holzscheiten, die wir fortwährend in unsere Kamine werfen müssen um das Feuer darin zu unterhalten, sich auf keine sehr scheinbare Analogie stützen. Heutzutage ist allgemein bekannt, daß fast alle Körper unter gewissen besonderen Verhältnissen, besonders in gewissen elektrischen Zuständen, leuchtend gemacht werden können, ohne daß irgend Etwas sich mit ihrer Substanz verbinde oder von ihr trenne. Dies ist beispielsweise der Fall mit zwei Kohlen im leeren Raume, von denen die eine mit dem Draht vom einen Pole einer etwas starken Volta'schen Säule verbunden ist, während die andere mit dem entgegengesetzten Pole derselben Säule in Verbindung steht; denn sobald man die Oberflächen dieser Kohlen einander beträchtlich nähert, entwickeln sie ein helleres Licht, als alle bekannten irdischen Feuer. Dieser Glanz wird sogar so groß, daß man in diesem Falle das ausströmende Licht mit dem Namen Solarlicht zu belegen übereingekommen ist.

Der erwähnte Versuch ist von äußerster Wichtigkeit; dennoch will ich nicht behaupten, daß sich daraus mit einiger Sicherheit die Folgerung ziehen lasse: das Licht der Sonne und der Firsterne sei elektrisches Licht; zugeben wird man wenigstens, daß das Gegentheil hiervon nicht bewiesen ist, und dies genügt, um in das Bereich bloßer Hypothesen jene Schlüsse zu verweisen, auf welche sich Newton stützte, um nachzuweisen, daß Kometen auf Firsterne gestürzt seien.

Die Meinung, nach welcher die Kometen der Sonne und den Firsternen als Brennmaterial dienen, ist nicht nur in Newton's berühmter Schrift Principia ausgesprochen, sondern ich finde sie auch wieder in einer andern Schrift, die erst nach Newton's Tode erschien, nämlich in der Darstellung eines Gespräches zwischen diesem großen Manne, in seinem dreiundachtzigsten Jahre, und seinem Neffen Conduit. Einige Stellen daraus mögen hier folgen.

„Wann der Komet von 1680 in die Sonne stürzen wird, vermag ich allerdings nicht anzugeben; vielleicht macht er vorher noch fünf oder sechs Umläufe; aber gleichviel zu welcher Zeit dies Ereigniß eintreten wird, jedenfalls muß der Komet die Sonnenwärme dann in solchem Grade erhöhen, daß unsere Erde verbrennen wird und alle Thiere den Untergang finden. Aehnlich muß es sich mit jenen neuen Sternen verhalten haben, die Hipparch, Tycho und Keppler beobachteten, denn auf andere Weise ließe sich das helle Licht jener Sterne nicht erklären."

Hierauf richtete Conduit an Newton die Frage, warum er in seinem unsterblichen Werke, obgleich darin von der Möglichkeit eines Niederfallens der Kometen auf die Sonne die Rede ist, von den unermeßlichen Feuersbrünsten, welche die Kometen veranlassen müssen, nur in Bezug auf die Firsterne gesprochen habe. „Aus dem Grunde," erwiederte der hochgefeierte Greis, „weil das Verbrennen unserer Sonne uns etwas unmittelbarer beträfe. Uebrigens," fügte er lächelnd hinzu, „hatte ich mich wohl deutlich genug ausgesprochen, damit die Welt meine Ansicht kannte."

Fünfunddreißigstes Kapitel.

Ob die Erde in einen Kometenschweif gerathen könne, und welches auf unserer Erde die Folge eines solchen Ereignisses sein möchte?

Newton war der Ansicht, die Stoffe oder die Dünste, aus denen die Kometenschweife bestehen, könnten durch ihre Gravitation in die Atmosphären der Planeten überhaupt und also auch im Besondern in die Erdatmosphäre gerathen, daselbst sich verdichten und allerlei chemische Reactionen sowohl, als tausend neue Verbindungen herbeiführen.

Es läßt sich in Kürze zeigen, daß nicht nur die diffuse Kometenmaterie in der That in unsere Atmosphäre fallen könne, sondern auch daß sich diese Erscheinung nothwendig ziemlich häufig wiederholen muß.

Im Allgemeinen scheinen die Kometen nur Anhäufungen von Dünsten zu sein; und da es nun unzweifelhaft feststeht, daß die Anziehung den Massen proportional ist, so wird jedes Theilchen eines

Kometenschweifes nur sehr schwach von dem eigentlichen Körper des Gestirnes angezogen werden.

Mit wachsendem Abstande nimmt die Anziehung ab, und zwar nicht im einfachen, sondern im quadratischen Verhältnisse der Entfernung, so daß die von einem bestimmten Körper in den Entfernungen 2, 3, 4 . . . 10 ausgeübte Anziehung 4, 9, 16 . . . 100 Mal schwächer ist, als in der Entfernung 1.

Aus Mangel an Masse übt also ein Komet selbst in großer Nähe nur eine geringe Anziehung aus; ist das angezogene Theilchen in etwas beträchtlicher Entfernung vom Kopfe des Kometen, so kann nur eine kaum merkliche Anziehung vorhanden sein. Hat man aber nicht in der That Kometen mit sehr langen Schweifen gesehen? Lagen nicht beim Kometen von 1680 (No. 49 im Verzeichnisse) die letzten sichtbaren Theilchen etwa 20 Millionen Meilen in gerader Linie vom Kerne entfernt (vergl. Kap. 14)?

Hiernach wird man zugeben, daß die Erde z. B., deren Masse fast immer sehr viel beträchtlicher ist, als die der Kometen, im Stande sein muß die äußersten Theilchen der Kometenschweife an sich zu ziehen, sie gewissermaßen aufzusaugen und sich vollständig anzueignen, selbst in dem Falle, wo die Erde bei ihrem jährlichen Umlaufe immer ziemlich entfernt vom Kometen bliebe.

Das Eintreten eines neuen gasförmigen Elementes in die Erdatmosphäre könnte aber, je nach der Menge des eindringenden Stoffes, entweder den Tod alles Lebenden herbeiführen oder doch wenigstens ansteckende Krankheiten hervorrufen, und dies ist wirklich, wenn man einigen Schriftstellern Glauben schenkt, der Ursprung und die eigentliche Quelle der meisten Plagen gewesen, deren Andenken in der Geschichte fortlebt.

In einem sehr schätzbaren astronomischen Werke, das im Jahre 1702 zu Oxford erschien, äußert sich Gregory folgendermaßen, nachdem er erwähnt hat, daß man bei allen Völkern und zu allen Zeiten großes Unglück auf Kometenerscheinungen habe folgen sehen: „Philosophen dürfen dergleichen Dinge nicht allzu leicht für Fabeln halten[74].“

Eine Fabel ist es nun nicht, daß sich die Erde, wie ich soeben bewiesen habe, häufig die Schweifmaterie eines Kometen aneignen kann;

aber Gregory hat sich nicht strenge innerhalb der Gränzen der Wahrheit gehalten, wenn er die mehr oder weniger zweideutigen Bemerkungen der Geschichtschreiber über die Kometenerscheinungen und ihren angeblichen Zusammenhang mit gleichzeitigen Ereignissen für glaubwürdige Beobachtungen ausgibt.

Ein englischer Arzt, dessen Name bei den Physikern nicht unbekannt ist, Herr T. Forster, hat diesen Gegenstand ausführlich behandelt*). Ihm zufolge „ist es ausgemacht, daß (seit Beginn der christlichen Zeitrechnung) diejenigen Zeiten die ungesundesten gewesen sind, in denen irgend ein großer Komet sichtbar war; daß ferner die Erscheinungen der Kometen von Erdbeben, vulkanischen Ausbrüchen und atmosphärischen Erschütterungen begleitet waren, während man keinen Kometen in gesunden Zeiträumen beobachtet hat."

Wer mit irgend kritischem Blicke Forster's langes Verzeichniß durchgeht, wird in demselben, wage ich zu behaupten, nicht Grund zu den Schlüssen finden, welche der Verfasser daraus gezogen hat.

Die Gesammtzahl aller bei den Geschichtschreibern erwähnten eigentlichen Kometen beträgt seit Anfang der christlichen Zeitrechnung etwa 600 (Kap. 4, S. 246). In gegenwärtiger Zeit, wo der Himmel im Interesse der Wissenschaft aufmerksam durchforscht wird, und sich die teleskopischen Kometen nicht mehr den Blicken der Astronomen entziehen, erscheinen durchschnittlich alljährlich etwa zwei Kometen (Kap. 19, S. 317). Gibt man nun mit Forster zu, die Einwirkung eines Kometen beginne etwas vor seinem Erscheinen, und währe noch kurze Zeit nach demselben fort, so wird es offenbar zu keiner Zeit an einem Kometen fehlen, gleichviel von welcher merkwürdigen Erscheinung, von welchem Unglücke oder welcher ansteckenden Krankheit man ihn als Ursache betrachten will. Diese Bemerkung gilt in derselben Weise gegen die Abhandlungen des berühmten Sydenham, der gleichfalls die kometarischen Einflüsse vertheidigte, ferner gegen die Schriften von Lubienietzki u. A. Uebrigens hat Herr Forster, wie ich schließlich bemerke, in seinem gelehrten Verzeichnisse den Kreis der angeblichen

---

*) Illustrations of the atmospherical origin of epidemic diseases. Chelmsford 1829, S. 139 ff.

kometarischen Einflüsse dergestalt ausgedehnt, daß es nach ihm fast keine Art von Erscheinung gibt, welche nicht in das Bereich dieser Einflüsse gehörte.

Kalte und warme Jahreszeiten, Unwetter und Stürme, Erdbeben, vulkanische Ausbrüche, starke Hagelfälle und Schneefälle, heftige Regen, Austritte von Flüssen, Dürre, Hungersnoth, dichte Schwärme von Mücken oder Heuschrecken, Pest, Dyssenterie u. s. w. Alles dies wird von Forster registrirt und jeder Kometenerscheinung gegenübergestellt, ohne Rücksicht auf den Erdtheil, das Königreich, die Stadt oder das Dorf, wo Hunger, Pest oder Lufterscheinungen ihre Verwüstungen angerichtet hatten. Wenn man in dieser Weise alljährlich ein vollständiges Verzeichniß aller Unglücksfälle in dieser leidensvollen Welt anlegt, wer würde da nicht im Voraus wissen, daß sich kein einziger Komet der Erde nähern konnte, ohne die Menschen auf derselben unter irgend einer Plage seufzend zu finden; wer würde da nicht ohne Weiteres Lubienietzki zugeben, auch ohne sein umfangreiches Werk gelesen zu haben, daß niemals weder ein Unglück ohne Kometen eintrat, noch Kometen ohne Unglücksfälle erschienen?

Durch einen seltsamen und recht beachtenswerthen Umstand fügt es sich, daß das Jahr 1680, in welchem einer der glänzendsten Kometen der neueren Zeiten erschien (No. 49 im Verzeichnisse), dasselbe Jahr, in welchem dieser Komet sehr nahe bei der Erde vorüberging, vielleicht dasjenige ist, das Herrn Forster die wenigsten Ereignisse lieferte. Denn in der That, was finden wir unter jener Jahreszahl? ein kalter Winter, auf den ein trockener und heißer Sommer folgte; Lufterscheinungen in Deutschland. Von Krankheiten in diesem Jahre ist keine Rede. Wie vermöchte man, einer solchen Thatsache gegenüber, dem zufälligen Zusammentreffen, welches andere Theile der Tafel aufweisen, irgend einen Werth beizulegen? Was soll man überhaupt von dem berühmten Kometen von 1680 sagen, der bald heiße bald kalte Winde herbeiführte, und bald die Kälte des Winters, bald die Hitze des Sommers vermehrte!

Im Jahre 1665 wurde die Stadt London durch eine fürchterliche Pest heimgesucht. Will man darin mit Herrn Forster die Einwirkung des ziemlich merkwürdigen Kometen sehen, der im April jenes Jahres

erschien (No. 44 im Verzeichnisse), so möge man uns doch erklären, warum jener Komet keine Krankheit zu Paris, oder in Holland oder nur in einer der zahlreichen Städte Englands in unmittelbarer Nähe der Hauptstadt veranlaßte. Dies ist ein ganz directer Einwurf, und solange man denselben nicht wegschafft, würde man sich, meiner Meinung nach, dem Gelächter aller Verständigen aussetzen, wollte man die Kometen in Vorboten von ansteckenden Krankheiten verwandeln. Man stelle darüber eine Untersuchung an, welche unter den Kometen diejenigen sind, deren Schweife in die Erdatmosphäre haben eindringen können; dann forsche man in den Geschichtsbüchern und in den Chroniken nach, ob etwa in derselben Zeit überall auf der Erde gleichzeitig ungewöhnliche Erscheinungen eingetreten sind; dergleichen Untersuchungen wird die Wissenschaft anerkennen, obgleich allerdings die äußerst geringe Dichtigkeit der die Schweife bildenden Materie kaum andere als negative Ergebnisse erwarten läßt. Wenn aber ein Schriftsteller an die Beobachtungszeit eines Kometen (z. B. des im Jahre 1668 erschienenen, No. 45 im Verzeichnisse) die Bemerkung knüpft, daß in Westphalen alle Katzen krank wurden; an die Erscheinung eines zweiten (des Kometen von 1746, No. 71) den, dem vorigen allerdings wenig analogen Umstand, daß ein Erdbeben in Peru die Städte Lima und Callao zerstörte; wenn er ferner hinzufügt, daß während der Beobachtung eines dritten Kometen in Schottland ein Aerolith in einen hohen Thurm eindrang, und darin den Mechanismus eines Uhrwerks zertrümmerte, oder daß in Amerika sich die wilden Tauben in großen Zügen zeigten, oder endlich daß der Aetna und der Vesuv Lavaströme auswarfen; so macht jener Schriftsteller ganz unnützer Weise einen großen Aufwand von Gelehrsamkeit[75]). Wenn er auf diese Weise durch fortwährendes Aufzeichnen gleichzeitiger Ereignisse angeblich neue Beziehungen aufstellte, so würde seine Selbsttäuschung nicht geringer sein, als die jener Frau war, von der Bayle erzählt, welche, nachdem sie niemals aus dem Fenster gesehen hatte, ohne in der Straße St. Honoré Wagen erblickt zu haben, sich zuletzt einbildete, sie sei die einzige Ursache des Vorüberfahrens.

Zur Ehre der Wissenschaften und der neueren Philosophie würde ich lebhaft wünschen, die so überaus seltsamen Vorstellungen,

welche ich im Vorhergehenden abzuweisen hatte, nicht ernstlich nehmen zu müssen; aber ich habe selbst Gelegenheit gehabt mich zu überzeugen, daß Gregory, Sydenham, Lubienietzky u. A. unter uns zahlreiche Anhänger besitzen. Aus Cairo schrieb der berühmte Reisende Rüppel unterm 8. October 1825: „Die Aegypter sind der Ansicht, der jetzt sichtbare Komet (No. 145 unsers Verzeichnisses) sei die Ursache der heftigen Erdbeben, die wir hier am 21. Juni verspürten, und er habe seinen übeln Einfluß auch auf das Sterben der Pferde und Esel geäußert. In Wahrheit aber sterben diese Thiere vor Hunger, weil es wegen der unvollkommenen Nilüberschwemmung an Futter fehlt." Müßte ich hier nicht einige Discretion bewahren, so würde ich den Leser leicht überzeugen können, daß in Betreff der Kometen nicht alle Aegypter an den Nilufern wohnen.

Dies Eine nur mag ich hier nicht unterdrücken: Man höre in einer jener glänzenden Versammlungen, wo Alles zusammenströmt, was man gemeiniglich als die Notabilitäten der Gesellschaft bezeichnet, nur einen Augenblick auf die langen Reden über einen nächsterscheinenden Kometen, und dann urtheile man selbst, ob wirklich Veranlassung da sei, sich wegen der angeblichen Verbreitung von Aufklärung Glück zu wünschen, welche zahlreiche Optimisten als charakteristischen Zug unsers Jahrhunderts wohlgefällig bezeichnen. Ich meinerseits bin seit lange von dieser Täuschung zurückgekommen. Unter jenem schimmernden, oberflächlichen Firniß, mit dem die rein literarischen Studien an unsern Gymnasien ziemlich gleichförmig die Gesellschaft aller Klassen überkleiden, findet man (um es ohne Weiteres auszusprechen), fast immer eine vollständige Unkenntniß jener schönen Erscheinungen, jener großen Gesetze der Natur, welche unsere stärkste Schutzwehr gegen alle Vorurtheile bilden.

Als im Jahre 1456 jener helle Komet erschien, dessen Periodicität Halley nachwies, und der in den Jahren 1531, 1607, 1682, 1759 und 1835 wiederkehrte, und im Jahre 1911 abermals zurückkehren wird, wurde der Papst Calixtus, wie ich oben bereits berichtete, dergestalt davon erschreckt, daß er öffentliche Gebete anordnete, in denen er den Kometen und die Türken gleichzeitig beschwor.

Und damit Niemand jene Art von Angelus zu beten versäumte,

ordnete der Papst an, daß um Mittag in allen Städten mit den Glocken geläutet würde; so kommt es, daß wir diese Sitte, welche seitdem beibehalten wurde, dem Kometen von 1456 verdanken. Ein anderer Komet, der vom Jahre 590, soll nach der Ansicht einiger Schriftsteller Veranlassung zu einer seltsamen Gewohnheit geworden sein, die seitdem bei allen Völkern der Christenheit ebenso große Verbreitung genießt. Im Erscheinungsjahre jenes Kometen, und zwar durch seinen Einfluß entstand eine erschreckliche Pest. Als die Krankheit am heftigsten wüthete, war Niesen häufig ein Anzeichen des Todes: daher das Zur Gesundheit! mit dem seitdem jeder Niesende begrüßt wird.

Kaiser Karl der Fünfte sah im Kometen von 1556 ein Zeichen des Himmels, das ihn zur Vorbereitung auf den Tod ermahnen sollte[76]). Eine Vorstellung wie diese kann Entschuldigung und Erklärung finden in der Unvollkommenheit, in welcher sich um die Mitte des 16. Jahrhunderts die astronomischen Kenntnisse befanden, sowie in den Vorurtheilen, welche damals alle Welt umfangen hielten, endlich auch in der geringen Aufmerksamkeit, die der Beherrscher sovieler Königreiche im Laufe eines bewegten Lebens wissenschaftlichen Fragen zuwenden kann; aber schwer wird man ein lebhafes Erstaunen unterdrücken, wenn man bei Baco liest, „daß die Kometen merklich auf den allgemeinen Lauf der Dinge einwirken.“ Ich gebe gern zu, daß wir heutzutage nicht mehr auf diesem Punkte stehen; und mit seltnen Ausnahmen (zu denen ich den großen Mann zählen könnte, der die Welt nicht weniger durch sein Genie, als durch seinen unzähmbaren Charakter in Erstaunen setzte), würde seit einem halben Jahrhundert nicht leicht Jemand die Behauptung aufstellen, daß man die Kometen für Anzeichen oder Vorläufer moralischer Revolutionen oder persönlicher Ereignisse zu halten habe.

Sechsunddreißigstes Kapitel.

Ob die trockenen Nebel von 1783 und von 1831 von Kometenschweifen herrührten?

In dem späteren Buche, das dem Studium der Erde gewidmet sein soll, werde ich sorgfältig prüfen, ob die geodätischen oder die astronomischen Erscheinungen irgend einen Umstand darbieten, der uns zu der Annahme veranlassen könnte, die Erde habe jemals den Stoß eines Kometen erlitten; ebenso verschiebe ich auf das den Jahreszeiten gewidmete Buch die Untersuchung der Frage, ob die Kometen Einfluß auf die Temperaturen an der Erdoberfläche ausüben können. Gegenwärtig will ich mich nur (weil es erwiesen ist, daß sich die Kometenschweife mit der Erdatmosphäre vermischen können), mit dem Zusammenhange beschäftigen, den man zwischen den trockenen Nebeln und den Kometen annehmen zu können geglaubt hat.

Der Nebel von 1783 begann ungefähr an demselben Tage (18. Juni) an weit voneinander entfernten Orten, wie zu Paris, Avignon, Turin, Padua.

Er erstreckte sich von der Nordküste Afrika's bis nach Schweden; ebenso beobachtete man ihn in einem großen Theile von Nordamerika.

Er währte über einen Monat.

Die Luft, wenigstens in den niederen Regionen, schien ihn nicht mit sich zu führen, denn während der Nebel an einigen Orten mit Nordwind eintrat, erschien er an andern mit Ost- oder Südwind.

Reisende fanden ihn auf den höchsten Gipfeln der Alpen.

Reichliche im Juni und Juli einfallende Regen, und selbst die stärksten Winde zerstreuten ihn nicht.

So dicht war er bisweilen im Languedoc, daß die Sonne Morgens erst in 12 Grad Höhe sichtbar wurde: während der übrigen Tageszeit erschien dieselbe roth und ließ sich mit bloßen Augen betrachten.

Dieser Nebel oder Rauch (Höhenrauch), wie ihn einige Meteorologen nannten, verbreitete einen unangenehmen Geruch.

Am meisten unterschied er sich dadurch von den gewöhnlichen Nebeln, daß während letztere in der Regel sehr feucht sind, dieser nach einstimmiger Aussage aller Berichte als sehr trocken geschildert wird.

In Genf beobachtete Senebier, daß das Saussure'sche Haarhygrometer, welches in eigentlichen Nebeln 100° angibt, inmitten dieses Nebels nur auf 68°, 67°, 65° und bisweilen sogar nur auf 57° zeigte.

Endlich, und dies ist ein sehr beachtenswerther Umstand, schien der Nebel von 1783 auch eine gewisse phosphorescirende Eigenschaft, ein eigenthümliches Leuchten zu besitzen; wenigstens finde ich in den Berichten einiger Beobachter erwähnt, daß der Nebel selbst zur Mitternachtszeit einen Schein verbreitete, den sie dem Vollmondscheine verglichen, und der entfernte Gegenstände bis auf 600 Fuß erkennen ließ. Damit man über den Ursprung dieses Lichtes nicht zweifelhaft sei, bemerke ich noch, daß zur Zeit jener Bemerkung Neumond war.

Dies sind die Thatsachen: untersuchen wir nun, ob man zur Erklärung derselben annehmen müsse, die Erde sei im Jahre 1783 durch einen Kometenschweif hindurchgegangen.

Jener Nebel im Jahre 1783 war weder so beständig noch so dicht, daß man nicht allnächtlich an allen Orten die Sterne erkannt hätte. Nimmt man an, die Erde habe sich damals innerhalb eines Kometenschweifes befunden, so gäbe es also nur ein Mittel, um zu erklären, warum man niemals den Kopf des Kometen wahrnahm: man müßte nämlich voraussetzen, der Kopf sei fast gleichzeitig mit der Sonne auf- und untergegangen, und das directe Tageslicht und die Dämmerung hätten also den Kometen unsichtbar gemacht; endlich müßte man auch annehmen, diese Conjunction beider Gestirne habe länger als einen Monat gewährt.

In einer Zeit, wo die eigene Bewegung der Kometen festen Gesetzen noch nicht unterworfen schien, und wo ein Jeder nach Belieben mit diesen Bewegungen schaltete wie mit denen einer bloßen Lufterscheinung, hätte man die obige Voraussetzung allenfalls gelten lassen können; aber heutzutage, wo jeder Astronom in den Kometen Gestirne sieht, die gleich den Planeten die Keppler'schen Gesetze befolgen, wo man ferner den Zusammenhang zwischen den Abständen der Kometen und ihren Geschwindigkeiten erkannt hat, wo endlich durch Beobachtung und Theorie ermittelt ist, daß sich alle Himmelskörper in ihren Bahnen nothwendig um so schneller bewegen, je näher sie bei der Sonne sind, wäre es allen Grundsätzen entgegen, wollte man annehmen, ein

zwischen Erde und Sonne stehender Komet hätte sich dergestalt um die Sonne bewegen können, daß er von der Erde aus länger als einen Monat in der Nähe der Sonne erscheinen konnte! Vergeblich würde man, um die Nothwendigkeit einer genauen Conjunction zu umgehen, dem Schweife des angeblichen Kometen eine sehr große Breite beilegen, etwa wie beim Kometen von 1744 (Kap. 25. S. 357) der Fall gewesen; die Schwierigkeit würde immer ganz dieselbe bleiben. Sonach ist der trockene Nebel von 1783, was auch darüber mag gesagt worden sein, kein Kometenschweif gewesen.

Der ungewöhnliche Nebel im Jahre 1831, der auf der ganzen Erde die Aufmerksamkeit des Publikums in so hohem Grade erregte, glich in so vielen Beziehungen dem von 1783, daß ich nicht nöthig habe den Beweis dafür zu liefern, daß man auch in diesem Falle die Ursache nicht in einem Kometenschweife zu suchen habe.

Dieser Nebel machte sich zuerst bemerklich:

an der afrikanischen Küste	am 3. August,
zu Odessa	„ 9. „
im südlichen Frankreich	„ 10. „
zu Paris	„ 10. „
in den Vereinigten Staaten (New-York)	„ 15. „
zu Canton in China	gegen Ende August.

Aus diesen Beobachtungen läßt sich indessen Nichts folgern, weder über die Geschwindigkeit, noch selbst über die Richtung der Fortpflanzung.

Dieser Nebel schwächte das hindurchgehende Licht dergestalt, daß sich die Sonne während des ganzen Tages mit bloßen Augen beobachten ließ, ohne daß man nöthig hatte ein schwarzes oder gefärbtes Glas anzuwenden, noch irgend eines der andern Mittel, deren sich die Astronomen gewöhnlich zum Schutze des Auges bedienen.

An der afrikanischen Küste wurde die Sonne erst sichtbar, wenn sie mehr als 15 bis 20 Grade über dem Horizonte stand. Nachts heiterte sich der Himmel bisweilen auf, und man konnte sogar die Sterne beobachten. Die Mittheilung dieses letzteren, so merkwürdigen Umstandes verdanke ich Herrn Bérard, einem der gebildetsten französischen Marine-Officiere.

Herrn Rozet, Generalstabs-Capitain zu Algier, sowie den Beobachtern zu Annapolis in den Vereinigten Staaten, ferner in Südfrankreich und den Chinesen zu Canton erschien die Sonnenscheibe azurblau oder grünlich oder smaragdgrün.

Theoretisch betrachtet ist es allerdings nicht unmöglich, daß eine gasförmige Substanz, ein Dampf, in ähnlicher Weise wie so zahlreiche flüssige oder feste Stoffe, welche die neuere Chemie aufgefunden hat, weißes hindurchgehendes Licht blau, grün oder violet färbt; indessen kannte man bisher keinen ganz zweifellosen Fall dieser Art, denn die Färbung von der Sonne beschienener Wolken und die Färbung der Nebel waren stets, mehr oder weniger deutlich, ins Rothe oder Purpurfarbene, d. h. in diejenigen Farben gefallen, welche gewöhnlich eine unvollkommene Durchsichtigkeit begleiten. Möglicherweise sieht man in diesem Umstande eine Veranlassung, den Nebel von 1831 zu den kosmischen Stoffen zu rechnen; doch halte ich es für ersprießlich darauf aufmerksam zu machen, daß die blaue oder grüne Färbung der Sonnenscheibe vielleicht nur scheinbar vorhanden war, und daß, wenn die Nebel oder Wolken nahe bei der Sonne, wie man wohl annehmen darf, infolge des Reflexes roth erschienen, das directe Sonnenlicht, welches beim Durchgange durch die atmosphärischen Dünste wohl geschwächt, aber nicht gefärbt wurde, nothwendiger Weise anscheinend wenigstens die Complementarfarbe des Roth, d. h. ein mehr oder weniger grünliches Blau annehmen mußte. Nach dieser Auffassung wäre also die Erscheinung zu den subjectiven Farbenerscheinungen zu rechnen, mit denen sich die neueren Physiker so vielfach beschäftigt haben: es wäre eine bloße Wirkung des Contrastes.

So lange dieser Nebel dauerte, gab es im eigentlichen Sinne keine Nacht, wenigstens an den Oertern, wo die Atmosphäre stark von Nebel durchdrungen war. In Sibirien, zu Berlin, Genua u. s. w. konnte man bisweilen selbst um Mitternacht im August die kleinste Schrift lesen.

Bekanntlich beginnt die Dämmerung am Horizonte unter den günstigsten Umständen erst in dem Augenblicke, wo die Tiefe der Sonne unter dieser Ebene nur noch 18 Grade beträgt. Nun stand aber am 3. August um Mitternacht, als man diese Bemerkung zu Berlin machte,

die Sonne daselbst tiefer als 19 Grade unter dem Horizonte: deshalb mußte die gewöhnliche Dämmerung zu Ende sein, und trotzdem sind alle Zeugen darüber einig, daß man im Freien den feinsten Druck zu erkennen im Stande war.

War es der Nebel, der dies Licht reflectirte, so mußte er sich in der Atmosphäre oder über die Gränzen derselben hinaus, nothwendig außerordentlich hoch befinden. Indessen müßte man das Ergebniß der gewöhnlichen Berechnung der Dämmerung noch merklich verringern, weil sich diese Rechnung in der That auf die Annahme einer einfachen Reflexion gründet, während es nach neueren Versuchen erwiesen ist (von denen ich indessen hier keine genaue Vorstellung geben kann), daß bei allen von der Erleuchtung der Atmosphäre herrührenden Erscheinungen die mehrfachen Reflexionen die allergrößte Rolle spielen.

Sobald man einmal zugegeben hat, den Nebeln diejenige Höhe beizulegen, welche nothwendig ist, um das Vorhandensein der lebhaften, nächtlichen Helligkeit in Berlin, Italien u. s. w. erklären zu können, hat die röthliche Färbung dieses Lichtes, wie deutlich man sie immerhin annehmen will, für den Physiker keine Schwierigkeit, und ich verweile deshalb nicht länger bei diesem Umstande.

In der ganzen vorigen Auseinandersetzung ist kein einziger Umstand vorhanden, der uns zu der Annahme nöthigte, der Nebel von 1831 sei durch einen Kometenschweif in unsere Atmosphäre hineingetragen worden. Auch könnte man in diesem Falle, weil sich die Erscheinung nicht in ganz Europa zeigte, oder wenigstens an einigen Orten nur sehr schwach und wenige Tage lang auftrat, nicht erklären, weshalb der Körper des Kometen Niemandem sichtbar geworden ist. Und dieser Umstand für sich allein reicht hin, die Hypothese als durchaus unzulässig zu erweisen.

Allerdings bin ich wohl eingedenk, daß es, um eine wissenschaftliche Theorie für alle Zeiten zu stürzen, nicht hinreicht, sie mit starken Einwürfen zu bekämpfen; ich weiß, daß man vielmehr nachzuweisen hat, wie sich eine andere, davon verschiedene Theorie ihr gegenüberstellen läßt. Aus diesem Grunde muß ich noch einen Schritt weiter gehen, um die Aufgabe, die ich mir in gegenwärtigem Kapitel gestellt habe, vollständig zu erfüllen.

Das Jahr 1783, in welchem jener trockene Nebel erschien, mit dem wir uns so ausführlich beschäftigt haben, war merkwürdig durch große Erderschütterungen an den beiden entgegengesetzten Enden Europa's. Im Februar dieses Jahres traten in Calabrien jene fürchterlichen, lang anhaltenden Erdbeben ein, welche das Land vollständig durchwühlten, und 40000 Menschen begruben unter den Trümmern umgestürzter Berge, unter den Ruinen der Kirchen und Wohngebäude, in den tiefen Spalten, mit denen so heftige und so oft sich wiederholende Erschütterungen den Boden durchfurchten. In demselben Jahre, aber etwas später, fand auf dem Hekla einer der gewaltigsten Auswürfe statt, von denen die Berichte der Meteorologie zu erzählen wissen. In großer Entfernung von der Insel sah man sogar neue feuerspeiende Berge aus der Meerestiefe hervorsteigen.

Könnte es nach diesen Thatsachen wohl überraschend scheinen, wenn inmitten einer solchen Aufregung der Elemente gasförmige Stoffe unbekannter Art durch die zahlreichen Risse der festen Umhüllung den Eingeweiden der Erde entstiegen und sich in der Atmosphäre verbreiteten? Fände diese Vorstellung von Ausströmungen aus der Erde nicht bis zu einem gewissen Grade eine Bestätigung in der schon oben gemachten Bemerkung, daß auf hoher See dieser Nebel gar nicht oder wenigstens in unmerklicher Menge vorhanden war? Würde man endlich die Wahrscheinlichkeit dieser Erklärung nicht noch erhöhen durch die Bemerkung, daß sich dergleichen Nebel bisweilen in sehr beschränkter Ausdehnung zeigen? So kam Hr. v. Gasparin am 11. September 1812, bei einer Besteigung des Berges Ventour in der Provence, durch eine dichte Wolke, welche weder seine Kleider benetzte, noch Metalle anlaufen machte, am Hygrometer keine Feuchtigkeit anzeigte, und endlich in allen Beziehungen dem Nebel von 1783 ähnlich erschien. Ich verweile nicht länger bei den Einzelheiten; hier war es nur meine Absicht zu zeigen, daß die neue Erklärungsweise des Phänomens wenigstens ebenso gut, als die vorhin erwähnte, die Ehre einer aufmerksamen Erörterung verdient.

In Ermangelung terrestrischer Ausströmungen könnte man ferner noch mit Franklin die Frage aufwerfen, ob der trockene Nebel von 1783 nicht ganz einfach die Folge von einer durch die Winde herbeigeführten

allgemeinen Verbreitung jener dichten Rauchsäulen gewesen sei, welche den ganzen Sommer hindurch aus dem Hekla aufstiegen; auch würde Nichts dagegen streiten, wollte man mit dem hochgefeierten amerikanischen Forscher annehmen, eine sehr große kosmische Masse sei in unsere Atmosphäre eingedrungen, daselbst zur Hälfte verbrannt, und die aus dieser unvollständigen Verbrennung entstandenen Rauchströme hätten sich anfänglich in den obersten Regionen der Luft gelagert, aber bald danach, theils unter der Einwirkung der Winde, theils durch die vertical aufsteigenden und niedergehenden Luftströme, die in der Meteorologie so vielfach mitwirkend auftreten, nach allen Richtungen und über alle atmosphärische Schichten verbreitet.

Die von Zeit zu Zeit herabfallenden Aerolithen sind bisweilen sehr feste metallische Massen; in den meisten Fällen aber würde man sie für gewöhnliche Steine halten, bedeckte nicht eine dünne, glasartige Schicht ihre Oberfläche. Auch schwammartige Meteorsteine hat man zuweilen aufgefunden. Der theils allein, theils mit Regen vermischt herabfallende Staubregen ist ein vierter Zustand der kosmischen Materie. Denken wir uns diesen Staub noch einen Grad feiner, und verkleinern wir ihn in Gedanken bis zu unfühlbaren Molecülen, dergestalt daß diese Theilchen nur äußerst langsam in der Luft niedersinken können, so ergibt sich noch eine neue Hypothese zur Erklärung der trockenen Nebel. Unbemerkt will ich indessen nicht lassen, wie sehr es zu bedauern ist, daß man die Luft jener Nebel nicht chemisch analysirt hat, um über die eigentlichen Bestandtheile derselben Aufklärung zu erhalten.

Das große Interesse, welches die ungewöhnlichen Nebel von 1783 und 1831 erregt haben, ist es indessen nicht allein, was mich veranlaßte diesen Gegenstand mit so großer Ausführlichkeit zu behandeln; vielmehr ist der Durchgang der Erde durch einen Kometenschweif ein Ereigniß, das mehrmals in jedem Jahrhundert eintreten muß. Wenn dies z. B. in den Jahren 1819 und 1823 nicht geschah, so ist der Grund beide Male ein rein zufälliger gewesen, indem nämlich die Schweife der Kometen jener beiden Jahre nicht hinreichend lang waren, denn einige Stunden hindurch waren beide Schweife genau auf die Erde gerichtet. Es kam also darauf an zu beweisen, daß unserer Erde von dieser Seite keine wirkliche Gefahr droht, ja daß wir, wegen der

außerordentlichen Dünnheit jener so langen Schweife, durch sie hindurchgehen können, ohne es zu bemerken. Und diese letztere Bemerkung ist eine volle Wahrheit, sobald man zugibt, daß sich die verschiedenen Umstände, welche die Erscheinungen der trockenen Nebel von 1783 und 1831 begleiteten, nicht durch einen Kometenschweif erklären lassen.

Siebenunddreißigstes Kapitel.

Kann jemals die Erde der Mond eines Kometen werden, und was würde, wenn dieser Fall möglich wäre, das Schicksal der Erdbewohner sein?

Ginge ein großer Komet sehr nahe bei uns vorüber, so könnte er zunächst allerdings eine Störung auf die Ellipse ausüben, in welcher die Erde alljährlich um die Sonne kreist.

Denken wir uns diesen Kometen mit einer beträchtlichen Masse begabt, und setzen wir die Entfernung zwischen ihm und uns äußerst klein, so kann die Erde der Einwirkung der Sonne entzogen werden, und ihre gänzlich veränderte Bahn sich gegen den neuen Mittelpunkt der Anziehung krümmen. Dann muß die Erde um den Kometen kreisen; sie kann sich niemals wieder von ihm trennen, mit einem Worte, sie bleibt sein Satellit.

Die Umwandlung der Erde in den Mond eines Kometen ist demnach ein Ereigniß, das nicht außerhalb des Kreises der Möglichkeiten liegt, aber es ist äußerst unwahrscheinlich, sowohl wegen der ungeheuren Masse, welche der erobernde Komet, wie ihn Lambert nannte, besitzen müßte, um auf diese Weise die Erde mit sich fortzuführen, als auch weil eine solche Umwandlung der Verhältnisse auf der Voraussetzung beruht, beide Körper kämen in außerordentliche Nähe zu einander.

Während ihres ganzen Jahresumlaufes bleibt die Erde fast stets in gleichem Abstande von der Sonne. Angenommen nun, die Erde werde zu einem Kometenmonde, so muß sie, nach der Behauptung fast aller Kosmologen, äußerste Grade der Kälte und der Hitze erdulden, und ihre Bestandtheile werden abwechselnd verglasen, verdampfen und

gefrieren. Die Erde muß unbewohnbar werden; Menschen, Thiere und alle bekannten Pflanzengattungen gehen unzweifelhaft zu Grunde! Sehen wir indessen zu, mit Hülfe einer kleinen Rechnung, ob sich nicht Veranlassung bietet, von diesen schrecklichen Prophezeiungen etwas abzudingen.

Stellen wir uns zunächst vor, unsere Erde werde von dem Halley'schen, periodischen Kometen fortgeführt, so wird zur Zeit der Sonnennähe unser Abstand von der Sonne, den ich dem des Kometen gleich setzen kann, etwa nur um 1/8 die Hälfte des gegenwärtigen Abstandes übertreffen, und in der Sonnenferne werden wir etwa 2 Mal weiter als Uranus von der Sonne entfernt sein, uns mithin etwa 36 Mal weiter als gegenwärtig befinden. Die Dauer des Jahres wird natürlich der Zeit gleich sein, welche der Komet gebraucht, um seine elliptische Bahn zu vollenden; sie wird also 75 Mal länger als gegenwärtig sein. Von dieser langen Dauer von 75 unserer jetzigen Jahre, die das neue Erdjahr umfassen wird, müssen fünf verwandt werden, um den diesseit der Saturnsbahn belegenen Theil der Bahn zu durchlaufen, und wenn wir diese fünf Jahre als dem Sommer und den gemäßigten Jahreszeiten entsprechend betrachten, so bleiben noch 70, die gänzlich der Winterzeit zugehören.

Zur Zeit des Periheldurchganges des Kometen wird die Erde, sein Begleiter, drei Mal mehr Strahlen empfangen, als in den gegenwärtig stattfindenden Verhältnissen; im Aphel dagegen, 38 Jahre später, wird diese Strahlenmenge zwölfhundert Mal kleiner als gegenwärtig sein.

Statt zu untersuchen, welchen Temperaturunterschieden diese Zahlen möglicherweise entsprechen, wollen wir uns von demselben Gesichtspunkte aus mit dem Kometen von 1680 beschäftigen, der uns noch beträchtlich größere Unterschiede darbieten wird.

Ich habe schon im Vorhergehenden bemerkt, daß man angenommen hat, dieser Komet vollende seinen ganzen Umlauf um die Sonne in 575 Jahren (Kap. 17. S. 309 und Kap. 26. S. 361). Den Keppler'schen Gesetzen zufolge muß also die große Axe der von ihm durchlaufenen Ellipse 138 Mal größer sein, als die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne, oder, will man genauere Zahlen, so

wird, wenn man letztere Entfernung durch 1000 ausdrückt, die Ellipse zur großen Axe 138296 haben, mit einer Periheldistanz von nur 6.

Der Komet erreichte sein Perihel am 17. December 1680. Die von der Sonne mitgetheilte Wärme ändert sich bekanntlich mit der Dichtigkeit ihrer Strahlen, und nimmt ab bei wachsender Entfernung nicht im Verhältnisse des einfachen Abstandes, sondern wie das Quadrat desselben. Daraus schließen wir, daß die Erwärmung, welche die Sonne am 17. December auf den Kometen ausübte, sich für gleich große Oberflächen zu derjenigen Erwärmung, welche dasselbe Gestirn auf die Erde zur Sommerzeit ausübt, verhält wie das Quadrat von 1000 zum Quadrate von 6, d. h. also wie 1000000 zu 36, oder was nahe Dasselbe ist, wie 28000 zu 1. Aus diesen Zahlen schätzte Newton die Wärme, welcher der Komet ausgesetzt gewesen war, auf das 2000fache der Rothglühhitze.

Dies letztere Resultat stützt sich indessen auf ungenaue Unterlagen; auch war die Aufgabe bedeutend complicirter, als Newton annahm, und als man überhaupt in der Zeit des Erscheinens der Principien der Naturphilosophie vermuthen konnte. In der That weiß man heutzutage, daß, um diejenige Temperatur angeben zu können, welche eine bestimmte Wärmemenge einem planetarischen Körper mitzutheilen vermöchte, die Beschaffenheit der Oberfläche dieses Körpers und der Zustand seiner Atmosphäre nothwendig bekannt sein müssen; was weiß man aber in dieser Beziehung vom Kometen des Jahres 1680? Noch mehr; denken wir uns selbst unsere Erde, mit ihren so vielfach untersuchten Meeren und Festländern an den Ort versetzt, den jener Komet am 17. December einnahm, und die Aufgabe wird ebenso unlöslich bleiben. Zu Anfange wird die feste Hülle der Erde allerdings einem 28000 Mal stärkeren Hitzegrade als in unserm Sommer ausgesetzt sein; aber sehr bald werden sich alle Meere in Dampf auflösen, und die dichte Wolkenschicht, welche dadurch entsteht, kann die Erde möglicherweise vor der Verbrennung schützen, welche man allerdings im ersten Augenblicke erwarten müßte. So ist es ausgemacht, daß die große Nähe der Sonne zwar eine bedeutende Temperaturerhöhung herbeiführen wird, daß sich aber, nach der Natur der Sache, der wahre Betrag derselben numerisch nicht ermitteln läßt.

Betrachten wir nun den Kometen an dem gegenüberliegenden Punkte in seiner Bahn. Die Entfernungen zwischen Sonne und Erde, in der gegenwärtigen Lage dieser letzteren, und dem Kometen in seiner Sonnenferne verhalten sich wie 138 zu 1. Das Quadrat der ersteren dieser beiden Zahlen ist ungefähr 19000 Mal größer als das Quadrat der zweiten, und daraus folgt, daß, wenn man sich die Erde im Gefolge des Kometen von 1680 denkt, dieselbe im Aphel 19000 Mal weniger Wärme als in unserm Sommer empfangen würde. Nehmen wir mit Bouguer an, daß das Sonnenlicht 300000 Mal das Mondlicht an Stärke übertrifft, so finden wir endlich, daß der Komet von 1680 und die Erde, die wir als seinen Begleiter denken, in der Gegend des Aphels, also 287½ Jahre, nachdem beide im gegenüberliegenden Punkte der Bahn eine Hitze erdulden mußten, welche nach Newton die Hitze des rothglühenden Eisens 2000 Mal übertraf, nur 16 Mal stärker erleuchtet wurden, als zur Zeit des Vollmondes. Im Brennpunkte unserer größten Linsengläser concentrirt, würde dies Licht gewiß nicht im Stande sein, eine, selbst nur dem Luftthermometer bemerkliche Wärme hervorzubringen. In diesem Falle würde demnach unsere Erdtemperatur nur von der noch nicht gänzlich ausgestrahlten Wärme abhängen, welche der Erdkörper zur Zeit der Sonnennähe aufgenommen hatte, und von der Eigenwärme der Gegend des Raumes, in welche die Sonnenferne fällt.

Fourier hat durch sinnreiche Beobachtungen erwiesen, daß die allgemeine Temperatur des Raumes nicht so niedrig ist, wie man bis dahin angenommen hatte. Er hält dieselbe für wenig geringer als die an den Erdpolen, und nimmt dafür 50 Grade unter Null des hunderttheiligen Thermometers. Verlöschte die Sonne ganz plötzlich, so würde sich dieser Kältegrad ebensowohl in denjenigen Regionen fühlbar machen, in welchen sich Mercur, Venus und die Erde bewegen, als in der Gegend, wo Uranus wandelt, und in Gegenden, die noch 100 Mal oder 1000 Mal weiter entfernt sind. Indem also der Komet von 1680 die Erde zu seinem Aphel mit sich fortführte, würde er sie also nicht mehr und nicht weniger als gegenwärtig an allen Punkten der jährlichen Bahn der Erde geschieht, einer Kälte von 50 Graden aussetzen. Nun haben wir bereits gefunden, daß in der Gegend dieses Aphels die

Sonne nur noch unmerklich erwärmt; folglich könnte man, um eine geringere Kälte als von 50 Grad zu erhalten, nur noch auf die Eigenwärme der Erdkugel rechnen, und auf denjenigen Theil der im Perihel erlangten Temperatur, der unterdeß noch nicht Zeit hatte sich zu zerstreuen.

Newton war der Ansicht, es bedürfe 50000 Jahre, bis eine die Wärme des rothglühenden Eisens 2000 Mal übertreffende Hitze, wie sie der Komet in seiner Sonnennähe erleidet, gänzlich verloren gehe. Die Gründe, aus denen diese Schätzung der die Rothglühhitze 2000 Mal übertreffenden Temperatur unzulässig sei, habe ich bereits angegeben; ebenso gewichtige Einwendungen ließen sich gegen die Abschätzung des Zeitraumes von 50000 Jahren erheben, denn nach Allem, was wir gegenwärtig von den Eigenschaften der Wärme wissen, ist es schwer zu begreifen, weshalb ein planetarischer Körper 50000 Jahre brauchen soll, um diejenige Wärme zu verlieren, welche er vorher in kurzer Zeit erlangt hat. Aber geben wir einmal zu, um überall die ungünstigste Voraussetzung zu machen, der Wärmeverlust trete vollständig ein, und nehmen wir also an, alle aus der Sonnennähe herrührende Wärme sei bis zum Aphel verloren, so werden dennoch weder Komet noch Erde einem Kältegrade ausgesetzt sein, der unsere Einbildungskraft erschrecken könnte. Beide werden die Temperatur des umgebenden Raumes besitzen; ein Thermometer an ihrer Oberfläche wird 50 Grade unter Null zeigen, weil, abgesehen von physikalischen Veränderungen, die wir hier nicht in Betracht ziehen, ein Körper niemals kälter als der ihn umgebende Raum werden kann, mit welchem er durch Ausstrahlung in fortwährender Wechselwirkung steht.

Am Fort Entreprise, im Jahre 1820, ertrugen Kapitän Franklin und seine Reisebegleiter Kältegrade bis 49,7 unter Null der hunderttheiligen Scala, und die Mitteltemperatur des Decembermonats war an jenem Orte 35 Grade. In dem Aufsatze, welchen ich der Temperatur der verschiedenen Thiergattungen gewidmet habe, können meine Leser beim Nachschlagen den auf Versuche gegründeten Beweis dafür finden, daß der Mensch unter gewissen hygrometrischen Verhältnissen eine Wärme von 130 hunderttheiligen Grade zu ertragen vermag, d. h. eine Temperatur, welche die des kochenden Wassers um 30 Grade

übertrifft. Es ist also durch Nichts bewiesen, daß wenn die Erde ein Satellit des Kometen von 1680 würde, das Menschengeschlecht durch die Temperaturverhältnisse nothwendig zu Grunde gerichtet werden müßte.

Achtunddreißigstes Kapitel.

Ueber die Bewohnbarkeit der Kometen.

Nachdem wir im vorigen Kapitel ausführlich betrachtet haben, zwischen welchen Gränzen die Temperaturen der Himmelskörper mit sehr veränderlichem Sonnenabstande schwanken, wird man es begreiflich finden, daß manche Philosophen die Kometen für bewohnbar gehalten haben. Um den Schwierigkeiten zu begegnen, die man in Betreff der Möglichkeit des Athmens vielleicht in den außerordentlichen Volumveränderungen finden könnte, welchen die Kometennebel unterliegen, und zugleich in der Absicht zu beweisen, daß unsere Lungen im Stande sind, sich Atmosphären von sehr verschiedener Dichtigkeit zu accommodiren, haben jene Philosophen Halley angeführt, der in einer Taucherglocke noch in 50 Fuß Tiefe unbehindert athmete. Ich füge noch hinzu, daß Gay-Lussac bei seiner denkwürdigen Luftfahrt am 16. September 1804 eine Höhe erreichte, in welcher der Barometerstand 329 Millimeter war, und wo das Thermometer 9 Grad unter Null zeigte; der berühmte Physiker befand sich damals mehr als 20000 Fuß über dem Meeresspiegel. Die Herren Barral und Birio befanden sich, bei ihrer gefahrvollen Luftreise am 27. Juli 1850, nachdem sie um vier Uhr Nachmittags bei 17 Grad Wärme vom pariser Observatorium aufgestiegen waren, drei Viertelstunden später, etwa zwanzig Minuten lang in 21150 Fuß Höhe über dem Meere; in dieser Luftschicht war die Temperatur 46 Grad unter Null, und das Barometer stand auf 315 Millimeter. Beidemal schwebten die Luftbälle in atmosphärischen Schichten, deren Dichtigkeit weniger als zwei Zehntel von der Dichtigkeit der Luft in der Halley'schen Taucherglocke betrug.

Ich bin weit entfernt, aus diesen Betrachtungen den Schluß zu ziehen, daß die Kometen von Wesen unserer Gattung bevölkert sein

möchten; vielmehr habe ich diese Betrachtungen an dieser Stelle nur in der Absicht mitgetheilt, um nach dem Lambert'schen Ausdrucke die Bewohnbarkeit der Kometen weniger problematisch erscheinen zu lassen. Ueberdies bemerke ich noch, daß dieselbe Frage und derselbe Zweifel bei allen Himmelskörpern aufgestiegen sind, und wenn die Beantwortung Schwierigkeiten gefunden hat, so rührt dies davon her, daß unsere Vorstellungen von Organisationsweisen äußerst beschränkt sind, und wir uns schwer Thiere denken können, welche durchaus verschieden wären von denen, deren Gestalt, Bewegungen und Ernährung wir untersuchen konnten. Gegenwärtig sind wir der Ueberzeugung, daß lebende Wesen nicht im vollkommen leeren Raume oder in Mitteln von sehr hoher Wärme bestehen können, aber diese Ueberzeugung vermögen wir nicht durch bessere Gründe zu unterstützen, als Jemand, der ohne jemals Fische gesehen zu haben, aus diesem einzigen Grunde behaupten wollte, kein Geschöpf könne im Wasser leben. Religiöse Bedenken haben die Schwierigkeit der Sache noch erhöht. Schon im Jahre 1686 beantwortete Fontenelle diese neue Art von Schwierigkeiten folgendermaßen: „Manche bilden sich ein, es sei für die Religion gefährlich, sich Bewohner anderswo als auf der Erde zu denken. Aber hier gilt es, einen kleinen Irrthum unserer Einbildungskraft zu berichtigen: sagt man der Mond sei bewohnt, so denken die Meisten sogleich an Menschen wie wir, und diejenigen, welche etwas zur theologischen Seite neigen, stoßen sogleich auf zahlreiche Schwierigkeiten und Bedenken. Adam's Nachkommenschaft hat sich weder bis auf den Mond erstrecken, noch Kolonien in jenes Land aussenden können. Die Menschen im Monde sind folglich nicht Söhne Adam's, und der Fall wäre den Theologen bedenklich, wenn es Menschen gäbe, welche nicht von Adam abstammten.... Dieser Einwand ist also nur gegen die Mondmenschen gerichtet; aber gerade diejenigen, welche diese Einwendungen machen, sind es, welche Menschen auf den Mond versetzen: meinerseits denke ich mir dort Bewohner, welche den Menschen ganz unähnlich sind. Doch welcher Gattung sind jene Geschöpfe? Ich habe sie niemals gesehen, und ich spreche nicht von ihnen, als ob ich sie jemals gesehen hätte." Ferner schreibt der geistreiche Secretär der Akademie: „Obgleich ich den Mond für eine bewohnte Erde halte, lebe ich dennoch im Frieden

mit denen, welche diese Ueberzeugung nicht theilen, und halte mir stets die Möglichkeit offen, mit Ehren zu ihrer Meinung überzutreten, sobald sie die Oberhand gewinnen sollte.... In derartigen Streiten ergreife ich nur Partei, wie man in Bürgerkriegen zu thun pflegt, wo man bei der Ungewißheit über die bevorstehenden Ereignisse sich stets Freunde bei der Gegenpartei erhält."

Nachtrag über die Kometen von 1853 und 1854.

Das Kometenverzeichniß im 10. Kap. des Buches über die Kometen (S. 268 u. f.) enthält alle Kometen, welche zu der Zeit berechnet waren, als Arago seine populäre Astronomie zum letzten Male durchsah. Die Rahmen, welche der hochgefeierte beständige Secretär der Akademie der Wissenschaften vorgezeichnet hat, sollen, dies war seine Absicht, nach und nach durch die neuen Entdeckungen vervollständigt werden, und sind deshalb so eingerichtet, daß Jedermann ohne Schwierigkeit sein Exemplar dieses Lehrbuchs bis auf die neuesten Ergebnisse der Wissenschaft vollständig erhalten kann. Wir erfüllen also nur den Wunsch des Verfassers, wenn wir zu den von ihm gesammelten Thatsachen die neuhinzugekommenen anschließen.

Außer den in Arago's Verzeichnisse enthaltenen Kometen sind noch zwei im Jahre 1853 entdeckte, und vier vom Jahre 1854 berechnet worden. Die Elemente ihrer Bahnen sind in der von Arago gewählten Anordnung folgende:

No.	Jahr.	Durchg. durch das Perihel.	Neigung.	Länge des Knotens.	Länge des Perihels.	Perihel-distanz.	Richt. der Beweg.
198	1853	10. Mai	57°53′	41°13′	201°13′	0,905	R
199	1853	16. Oct.	60 59	220 3	302 8	0,173	R
200	1854	1. Jan.	66 17	227 8	55 40	0,205	R
201	1854	24. März	82 36	315 26	213 48	0,277	R
202	1854	22. Juni	71 8	347 49	272 58	0,648	R
203	1854	27. Oct.	40 58	324 43	93 21	0,807	D

No. 198. — Dies ist der zweite Komet von 1853; er wurde am 4. April zu Moskau von Schweizer entdeckt; seine Bahn hat Bruhns berechnet.

No. 199. — Bruhns hat diesen Kometen zu Berlin, in der Nacht vom 11. zum 12. September 1853, im Sternbilde des Großen Bären entdeckt; die Bahn haben Bruhns und d'Arrest berechnet.

No. 200. — Diesen Kometen hat zuerst Dr. Gould gesehen, in der Nähe von New-York am 25. November 1853. Bruhns und Klinkerfues haben die Bahnbestimmung gemacht.

No. 201. — Am 23. März 1854 zuerst im Depart. Lot=Garonne gesehen; die ersten Beobachtungen sind von Laugier zu Paris am 31. März angestellt. Die Bahn haben Argelander und Ernst Quetelet berechnet.

No. 202. — Von Klinkerfues zu Göttingen am 5. Juni 1854 entdeckt; die Bahn ist von Argelander berechnet.

No. 203. -- Bruhns entdeckte den Kometen am 12. September 1854, und von ihm ist auch die Bahn bestimmt worden.

Die Entdeckung dieser sechs Kometen, und ihr Hinzutreten zu Arago's Verzeichnisse ändert in keinem wesentlichen Punkte die im 19. Kapitel über die Anzahl der Kometen im Sonnensysteme entwickelten Betrachtungen.

Anmerkungen der deutschen Ausgabe.

Zum siebzehnten Buch.

1. S. 236. Die Kometen mit Bart (stellae barbatae) bilden die zweite Klasse von den zwölf, in welche der ältere Plinius (Hist. natur. Lib. II. cap. 25) die sämmtlichen Kometen nach Gestalt und Ansehen eintheilte; hiernach sind alle geschweiften Kometen, die am Morgenhimmel erscheinen, barbatae. Vergl. Riccioli Almag. novum lib. VIII, cap. II, 1. Schon bei Hevel, und meist sogar bei den Astronomen des sechzehnten Jahrhunderts, werden indessen die Bezeichnungen geschweift und bebartet ohne Unterschied gebraucht; in der Abbildung, welche Hevel's Cometographia von einem Kometen mit Bart gibt, wird diese Bezeichnung insbesondere einem kurzen und breiten Schweife gegeben, ohne Rücksicht auf die Stellung gegen die Sonne und die tägliche Bewegung.

2. S. 244. Gaubil zuerst, und nach ihm die beiden de Guignes, Vater und Sohn, beschäftigten sich im vorigen Jahrhundert mit Uebersetzung und Erläuterung dieser mehr als ein Jahrtausend umfassenden chinesischen Beobachtungen; berichtigte und vollständigere Nachrichten hat in letzter Zeit Eduard Biot gegeben, in seiner Uebersetzung des Kometenverzeichnisses im Matuanlin. Vergl. Pingré im 1. Bde. der Cométographie, und Humboldt im Kosmos Bd. I, S. 389; Bd III, S. 581.

3. S. 245. Hind in seiner Schrift On Comets; in der deutschen, vermehrten Ausgabe von Mädler, Leipzig 1854, S. 3.

4. S. 246. Keppler, der sich übrigens, seinem dritten Buche De Cometis (1619) zufolge, die Bewegung der Kometen in geraden Linien vor sich gehend dachte, hatte ohne Zweifel weniger die große Anzahl der im Himmelsraume befindlichen Kometen im Sinne, wenn er sie, in seiner bilderreichen Sprache, mit den „im Ocean schwimmenden Fischen" verglich, als er vielmehr seine Ansicht von der Natur der Kometen darlegen wollte. „Wie in dem Meere Walfische und andere Ungeheuer leben, so auch in der unermeßlichen Tiefe des flüssigen Aethers die Kometen — damit diese Region nicht leer sei." De Cometis lib. II.

5. S. 249. Erst gegen das Jahr 1705 machte Edmund Halley diese große, in der Geschichte der Kometen epochemachende Entdeckung, nachdem Newton, etwa zwanzig Jahre früher, schon mit ganz bestimmten Worten in seinen Principien ausgesprochen hatte, die Kometen seien Planeten, welche sich in sehr excentrischen Ellipsen bewegen. Ueber das Geschichtliche der Halley'schen Entdeckung und die Art der ersten Wiederauffindung des Kometen im Jahre 1759 kann man Ausführliches nachlesen bei Lalande in der Théorie des Comètes und in den pariser Memoiren von 1759; Pingré im 2. Bde der Cométographie; auch Wargentin in den Abhandlungen der schwedischen Akademie auf das Jahr 1760. Vergl. auch Delambre, Hist. de l'Astron. au XVIII siècle, S. 132.

6. S. 251. Bei der großen Kürze, mit welcher im Texte die auf die Wiedererscheinung des Halley'schen Kometen im Jahre 1835 bezüglichen Umstände vorgetragen werden, scheint es nicht thunlich, alles hierher Gehörige in eine Anmerkung zusammenzudrängen; nichtsdestoweniger dürfen die großen und mühevollen Arbeiten, welche die deutschen Astronomen Rosenberger und Lehmann, vor der Wiederkehr des Kometen, zur Ermittelung der seit 1759 eingetretenen Störungen ausgeführt hatten, nicht unerwähnt bleiben. Rosenberger hatte den 13. November als den Tag des Periheldurchgangs angegeben. Vergl. Mädler Astronomie 1852, S. 344, und die Abhandlungen von Rosenberger und Lehmann in verschiedenen Bänden der Astron. Nachrichten.

7. S. 253. Pingré Cométographie I, S. 459—464, meist nach Angaben von Chronisten; daher die Bahn nicht sehr zuverlässig, aber doch die Identität des Kometen vollkommen erweisend.

8. S. 254. Nach Laugier's Berechnung der Erscheinungen des Halley'schen Kometen im Jahre 1378 (in der Conn. des temps für 1846) und in den Jahren 760 und 451 (in den Compt. Rendus Juli 1846), hat Hind im 10. Bde. der Monthly Notices of the R. Astr. Soc. in seiner Abhandlung „über die frühere Geschichte des Halley'schen Kometen" die Erscheinungen mit großer Wahrscheinlichkeit rückwärts nachgewiesen bis zum Jahre 11 vor unserer Zeitrechnung. Noch frühere, freilich unsichere Erscheinungen, siehe bei Littrow, Wunder des Himmels, 4. Aufl. S. 406, 407.

9. S. 255. Vergleiche hiermit die Zusammenstellung von Mädler in Hind's Schrift über die Kometen, S. 61.

10. S. 257. Olbers verdankt man die wichtige Bemerkung, daß zwei isolirte, fast vergessene, und von Burckhardt erst in den Conn. des temps für 1819 publicirte Beobachtungen eines von Méchain im Jahre 1786 entdeckten Kometen zu dem Encke'schen Kometen gehören. Encke in Bode's Jahrbuch für 1822, S. 196.

11. S. 265. Im dritten Bande der gesammten Werke ist in einer Anm. zu Gambart's Biographie bereits auseinandergesetzt worden, in welchem Irrthume sich Arago über die den Biela'schen Kometen betreffende, und im Grunde nur von Arago selbst erhobene Prioritätsfrage befunden hat. Es ist dort, mit Anführung der geschichtlichen Quelle, nachgewiesen worden, daß Biela, der unbestreitbare Entdecker

des Kometen, genau gleichzeitig mit Gambart die parabolischen Elemente desselben berechnet und veröffentlicht hat, und ebenso die Ellipticität der Bahn erkannte. Da Biela auf diese Weise in aller Strenge die Anforderungen erfüllt, welche im Texte als Richtschnur aufgestellt werden, so hat man keinen Anstand genommen, dem allgemeinen Gebrauche folgend, den Kometen in diesem Buche überall als den Biela'schen zu bezeichnen.

12. S. 266. Allerdings ist der sehr geschickte pariser Astronom, der Entdecker dieses Kometen, einer der ersten Berechner der elliptischen, und vom Kreise verhältnißmäßig so wenig abweichenden Bahn desselben gewesen; aber bei der Genauigkeit, welche Arago in Erörterung historischer Punkte liebt, darf nicht mit Stillschweigen übergangen werden, daß der verstorbene Goldschmidt auf der göttinger Sternwarte zuerst diese überraschende Entdeckung machte. S. Gauß in den Astron. Nachrichten Bd. XXII, S. 281. Die Rückkehr des Kometen zum Perihele hatte Leverrier mit Rücksicht auf die Störungen festgesetzt auf 1851 April 3,5.

13. S. 267. Im Verzeichnisse aller berechneten parabolischen Bahnen hat sich die deutsche Ausgabe, mit Rücksicht auf den Zweck, den die Mittheilung dieses Kataloges hier allein beanspruchen kann, an das französische Original genau angeschlossen, ohne an verschiedenen Stellen sich darbietende Aenderungen und Vertauschungen eintreten zu lassen. Das zuverlässigste Verzeichniß dieser Art, bis zum Jahre 1847 hin, ist das von Galle in der Encke'schen Ausgabe von Olbers' Kometenbahnen, Weimar, 1847.

14. S. 276. Zu den älteren Untersuchungen von Burckhardt und Anderen über die außerordentlich großen Störungen, welche die Bahn des Kometen von 1770 in den Jahren 1767 und 1779 erlitten hat, sind in neuerer Zeit Arbeiten hinzugekommen von Leverrier und Brünnow. S. des Letzteren Mémoire sur la Comète elliptique de de Vico, Amsterdam 1849, S. 43 ff., wo nachgewiesen wird, daß dieser Komet seit dem Jahre 1779 eine elliptische Bahn beschreibt, in welcher er von der Erde aus niemals sichtbar werden kann.

15. S. 277. Die vollständige Untersuchung gibt Brünnow's, in Anm. 14 angeführte Preisschrift. Leider ist dieser Komet auch bei seinem Periheldurchgange im Jahre 1855 auf keiner Sternwarte aufgefunden worden, was sich aus der sehr beträchtlich größern Lichtschwäche, gegenüber der in der Erscheinung von 1844, erklärt. Eine Nachricht des durch seine Planetenentdeckungen bekannten Malers Goldschmidt in Paris (Astron. Nachr. XLI Band, S. 285) hat von anderer Seite keine Bestätigung gefunden.

16. S. 277. Für diese Identität entscheidet sich Brünnow a. a. O., mit Rücksicht auf die Elementensysteme in beiden Erscheinungen, und die in der Zwischenzeit infolge der Störungen nothwendig eingetretene Verrückung der Knotenlinie. Auch in der äußern Erscheinung boten die beiden Kometen von 1678 und 1844 viel Aehnliches. Vergl. auch Leverrier in den Astron. Nachr. No. 624.

17. S. 278. Zu den im Texte angeführten Berechnungen des Brorsen'schen Kometen ist auch eine sehr fleißige, vollständigere Untersuchung von van Galen

hinzugekommen. S. Hind in der deutschen Ausg. S. 90; Astron. Nachrichten XXXIX Bd. S. 171. Die Wiederauffindung wird indessen, da die mittlere Bewegung nicht genau genug bestimmt werden konnte, dem glücklichen Zufalle überlassen bleiben.

18. S. 278. D'Arrest's vorläufige Bestimmung der Umlaufszeit des von ihm im Jahre 1851 entdeckten Kometen (Astron. Nachrichten XXXIII Bd. S. 125) ist durch zwei ausführliche Untersuchungen von Villarceau und Oudemans ergänzt worden; Comptes Rendus, December 1852 und Verhandelingen der königl. Akademie, Tweede deel, 1855. Nach Letzterem ist die Rückkehr dieses Kometen in seine Sonnennähe für die erste Hälfte des December 1857 zu erwarten.

19. S. 278. D'Arrest in den Astron. Nachr. XXIV, S. 387 ff. No. 576. Dieser Komet war ausschließlich in Neapel beobachtet worden.

20. S. 279. Noch etwas kürzer, als im Texte nach d'Arrest angegeben, fand späterhin der Entdecker des Kometen die Umlaufszeit in seiner Abhandlung: Mem. sopra la nuova Cometa periodica di 13 anni. Napoli 1847. Indessen sind beide Bestimmungen noch als äußerst unsicher zu betrachten.

21. S. 280. Seneka Natur. Quaest. VII, c. 15. „Nach dem Tode des Demetrius, Königs von Syrien, kurz vor Ausbruch des achäischen Krieges, erschien ein Komet so groß wie die Sonne. Sein Aussehen war roth und feurig, und er verbreitete Helligkeit genug, um das Nachtdunkel zu zerstreuen." In diesem oder im vorhergehenden Jahre berichten auch die astronomischen Annalen von einem außerordentlich großen Kometen. Vergl. Pingré in der Cométographie I, S. 268.

22. S. 280. Justinus de historiis Philippicis im 37. Buche: ut coelum omne conflagrare videretur . . . fulgore nitorem solis vicerat, et quum oriretur occideretque quatuor spatium horarum consumebat. Pingré hält diesen Kometen für denselben, welchen die Chinesen in dem nächstfolgenden Jahre als von ungemeinem Glanze beschreiben. Diesen Kometen hat man, gewiß irriger Weise, für eine der frühesten Erscheinungen des Halley'schen gehalten.

23. S. 280. Dionis Cassii Histor. Roman. Lib. XXXIX. Doch möchten diese und ähnliche Nachrichten von brennenden, am Himmel dahinziehenden Fackeln (z. B. im Jahre 1000 nach Chr.; vergl. Hevel in seiner Kometographie S. 818) sich füglich durch vorüberziehende, große, feurige Meteore erklären lassen. Eben dahin gehören die feurigen Schlangen, brennenden Fackeln und andere außerordentliche Erscheinungen, von denen man bei verschiedenen Schriftstellern Verzeichnisse findet.

24. S. 281. Den schattenwerfenden Kometen setzt Diodor (Lib. XV, cap. 50) in das erste Jahr der 102. Olympiade = 372 vor Chr. Es war derselbe, der auf den bevorstehenden Untergang der Herrschaft der Lacedämonier deuten sollte. Ueber diesen und einige ungemein helle Kometen der umliegenden Jahre, in welchen man, wiewohl ohne sichern Grund, ältere Erscheinungen des großen Kometen von 1843 zu erkennen glaubte, vergl. von Humboldt im Kosmos Bd. III. S. 580.

25. S. 282. Die Anführung des Kometen von 1532, als eines am Tage mit unbewaffnetem Auge sichtbar gewesenen, wird möglicherweise auf einer Verwechselung

beruhen; wenigstens wissen Hevel und Pingré von diesem Umstande nichts, und Cardani selbst (de rerum Varietate, Basil. 1557, S. 933) erzählt nur, ohne Angabe des Jahres, die Spanier in Brasilien hätten im Junimonat Tag und Nacht ununterbrochen einen Kometen am Himmel gesehen. Auch Fracastor nennt den Kometen von 1532 nur „drei Mal den Jupiter an Größe übertreffend." Homocentrica 1591, S. 212. — Ueber des Marsilius, eines Jesuiten zu Budweis, Beobachtung des zweiten Kometen von 1618 am hellen Tage siehe Keppler de Cometis S. 51; Alm. nov. I, P. II, S. 17; Pingré II, S. 6.

26. S. 283. Ueber den sehr merkwürdigen Kometen von 1744, auf den besonders die letzte Erscheinung des Halley'schen Kometen wieder aufmerksam gemacht hat, siehe die seltene und mit vortrefflichen Abbildungen gezierte Schrift, welche Godr. Heinsius im Jahre 1746 herausgegeben hat, und eine andere über denselben Kometen von Chéseaux: Traité de la Comète qui a paru en 1743 et 1744. Lausanne, 1744, 8.

27. S. 283. Dies gilt von den mit bloßen Augen am Tage sichtbar gewesenen Kometen; mit Fernröhren sind in neuester Zeit noch andere Kometen zugleich mit der Sonne sichtbar gewesen. Seltene und merkwürdige Beobachtungen der Art haben angestellt Hind bei dem von ihm entdeckten Kometen von 1847; ferner Lassel und vorzüglich Jul. Schmidt zu Olmütz.

28. S. 286. Größte Schweiflänge, die man am Kometen von 1843 beobachtete (März 5. und 6.). Eine reiche Zusammenstellung anderer Messungen dieser Länge siehe bei Littrow, Wunder des Himmels, 1854, S. 430.

29. S. 287. Legrand in Montpellier will den im Texte erwähnten Farbenwechsel des Schweifes beobachtet haben, welcher von andern Beobachtern indessen geläugnet wird.

30. S. 289. Auch Encke kam bei der ersten Berechnung der parabolischen Bahn (März 30.) zu demselben paradoxen Resultate: er fand den kleinsten Abstand vom Sonnenmittelpunkte 0,0030, und wurde späterhin zu einer hyperbolischen Bahn geführt, welche von diesem innern Widerspruche frei war. Astron. Nachr. XX Bd. S. 295 und 303.

31. S. 292. Außer den zahlreichen Untersuchungen über die wahre Bahn dieses Kometen, die von Galle in Olbers' Methode der Kometenbahnen angeführt werden, vergleiche man die reichen Mittheilungen von Humboldt's, Kosmos III Bd. S. 578—581; und bei John Herschel Outlines § 389 ff. Hubbard gab seine erschöpfende Bearbeitung im 2. Bde von Gould's Astron. Journal.

32. S. 301. Kosmos III Bd. S. 560. Die Aufzählung der einzelnen dem bloßen Auge in Europa sichtbar gewesenen Kometen ebendaselbst S. 576. Vergl. auch Hind's Kometenschrift S. 110.

33. S. 302. Marth in den Astron. Nachr. XXXV Bd.; eine vollständige Bearbeitung des um das Jahr 1920 zurückzuerwartenden Westphal'schen Kometen steht gegenwärtig noch in Aussicht.

34. S. 303. Siehe Encke im zweiten Bande der Zeitschrift für Astronomie, S. 393.

35. S. 303. Nicolai fand die Umlaufszeit nur einige Monate größer. Bessel's vollständig erschöpfende Bearbeitung in der Abhandlung: Untersuchungen über die Bahn des Olbers'schen Kometen, Schriften der Berl. Akad. 1812—13.

36. S. 303. Die Ehre der ersten Entdeckung der verhältnißmäßig kurzen Umlaufszeit dieses Kometen gebührt, wie es scheint, Prof. Peirce zu Cambridge in Nordamerika. Astr. Nachr. XXIV Bd. S. 92.

37. S. 304. Astr. Nachr. XXVIII Bd. S. 222. Eine vollständige Bearbeitung scheint bisher noch nicht ausgeführt worden zu sein.

38. S. 304. Astronom. Nachr. XXIII Bd. S. 351, 352, und Hind's Schrift über die Kometen S. 163. Auch Halley hatte diesen Kometen nach Moestlin's Beobachtungen berechnet, während sich Pingré auf die tychonischen stützte.

39. S. 305. Ueber den möglicherweise bis zum Jahre 1860 zurückzuerwartenden Kometen vom Jahre 1556 sind bereits, sowie über die Erscheinung von 1264, zu Ende vorigen Jahrhunderts mehrfache Untersuchungen angestellt worden. Zu diesen älteren Arbeiten, vorzüglich von Dunthorne und Pingré (vergl. Philos. Trans. Vol. 47, S. 283 und Pingré im ersten Bande seiner Cométographie S. 406) sind neuerdings wichtige Berechnungen von Hind und dem holländischen Astronomen Bomme hinzugekommen. Ist die Voraussetzung einer Identität wirklich begründet, so hat man die Rückkehr etwa innerhalb des Zeitraumes von 1858 bis 1860 zu erwarten. In seiner ungemein fleißigen Arbeit über die Störungen dieses Kometen bei seinem gegenwärtigen Umlaufe um die Sonne (in den Abhandlungen der niederländischen Akademie), findet Bomme mit Halley's Elementen den 2. August 1858 als Tag des nächsten Periheldurchganges; aber die später von Hind berechnete Bahn verschiebt diesen Zeitpunkt bis zum August 1860. Vergl. Galle in seinem Kometenverzeichnisse bei Olbers, 1847, S. 205; Hind's Kometenschrift 1854, S. 127—134.

40. S. 306. Hind S. 169. Nach Olbers' Meinung verdienen die angeblichen Beobachtungen, die Kindermann von diesem Kometen angestellt hat, gar keinen Glauben. In der That gibt dieser „churfürstl. sächs. Hof-Mathematikus und Astronom" in seinem 1747 erschienenen Collegium Astron. unter vielem Anderen auch Beobachtungen und Abbildung des von ihm am 8. Oct. 1744 neuentdeckten Marsmondes, und seine übrigen vorgeblichen Beobachtungen und Entdeckungen verdienen durchaus keinen Glauben.

41. S. 309. Als eigentlicher Urheber der „phantastischen" Periode von 575 Jahren für diesen außerordentlichen Kometen war Halley, nicht Whiston, zu nennen. Der Gebrauch, den auch Arago in mehreren nachfolgenden Betrachtungen von dieser Periode noch macht, nöthigt uns dieselbe Verwunderung ab, welche Hind in seiner Abhandlung ausspricht On the supposed period of revolution of the great Comet of 1680 (Monthly Not. of the R. A. S. XII. S. 150): „Selten erscheint noch heutzutage eine Schrift über die Anfangsgründe der Astronomie, in welcher nicht diese ver-

altete Geschichte wieder von Neuem vorgebracht würde.“ Es ist durch Encke im höchsten Grade wahrscheinlich gemacht, daß die Umlaufszeit nicht unter 2000 Jahren betragen könne. Vergl. auch Kosmos III Bd. S. 581.

42. S. 317. Auch in späterer Zeit blieb Lalande bei dieser geringen Anzahl von Kometen; vergl. Astronomie 1792, § 3082; Struyck hatte die Gesammtsumme aller Kometen unsers Sonnensystems sogar nur auf 100 geschätzt.

43. S. 318. Kosmologische Briefe 1761, 15. bis 17. Brief.

44. S. 320. Allgemeine Untersuchungen und Bemerkungen über die Lage und Austheilung aller bisher bekannten Planeten- und Kometenbahnen, Berlin 1791, S. 24, 25. Die angeführte Stelle ist von Arago nicht richtig gegeben: Bode's Tafel zeigt in der That zwischen 50 und 60 Graden nur 2 Kometen weniger als zwischen 60 und 70 Graden.

45. S. 326. Siehe die Gründe im fünften Briefe S. 53. Die Gesammtsumme aller Kometen im Sonnensysteme wird späterhin (S. 110) von Lambert über eine Million geschätzt.

46. S. 327. Pingré I, S. 459; andere Beschreibungen an vielen Orten, auch bei Hevel und Riccioli; vergl. besonders Hind's in Anm. 11 angeführte Abhandlung über die frühere Geschichte des Halley'schen Kometen.

47. S. 331. Die der deutschen Ausgabe beigegebenen Stahlstiche von den merkwürdigen Gestaltveränderungen des Halley'schen Kometen vom Jahre 1835, welche Sir John Herschel am Cap der guten Hoffnung mit vorzüglichen Instrumenten beobachtete, sind nach den Originalen in Herschel's Prachtwerke über den südlichen Himmel ausgeführt worden.

48. S. 335. Georgii Phranza Chronicon de rebus Constantinopolitanis bei Pingré I, S. 456, wo sich noch die ältere, verderbte Uebersetzung ins Lateinische (vom Jesuiten Pontanus) findet. Die Berichtigung zuerst im Februarstücke der Monatl. Corresp. 1811. XXIII Bd. S. 196 ff.

49. S. 338. Gen. Lindener's Bericht in einem Briefe an Bode, Astron. Jahrb. für 1822, S. 228. Ueber das bei dieser wichtig gewordenen Sonnenbeobachtung angewandte Fernrohr ist man nicht im Zweifel, wie der Text anzudeuten scheint: es war nur ein kleiner, $2^1/_2$füßiger Ramsden'scher Achromat mit 25—75maliger Vergrößerung. Vergl. auch Olbers ebendaselbst, S. 179.

50. S. 338. Schumacher's Astron. Nachr. IV. Bd. S. 272, woselbst auch aus den Originalbeobachtungen des Prof. Placid. Heinrich nachgewiesen wird, daß die Sonne an jenem Tage nicht fleckenfrei war.

51. S. 343. Aehnliche Messungen stellte Struve an, 6. November 1832, beim Biela'schen Kometen; auch in diesem Falle erlitt das Licht keine irgend wahrnehmbare Brechung beim Durchgange durch den Kometennebel. Dagegen hat Piazzi zuerst, in seinem Sternverzeichnisse, dann kürzlich auch Reslhuber in Kremsmünster, die sehr auffallende Beobachtung gemacht, daß ein Stern beim Durchscheinen durch einen Kometennebel, angeblich um eine bis zwei Größen, lichtheller gesehen wird.

52. S. 343. Hevelii Cometographia S. 535; Pingré Vol. II. S. 193; vergl. auch Kosmos Bd. III. S. 582 Anm. 25.

53. S. 345. Valz in seinem Essai sur la détermination de la densité de l'éther dans l'espace planétaire, 1830. Ueber diesen Abschnitt vergl. auch Kosmos Bd. III, S. 568 und 582, Anm. 23. Sir John Herschel hat sich übrigens, infolge seiner am Halley'schen Kometen angestellten Beobachtungen, gegen diese Theorie erklärt. Gewisse unläugbare Schwierigkeiten, welche die Thatsache der wechselweisen Dilatation und Contraction der kometarischen Nebelhüllen in ihrer Abhängigkeit vom Radiusvector noch mit sich bringt, hat auch Mädler erhoben, bei Hind, S. 21: „Wenn der Komet der Sonne beträchtlich näher steht als Venus, und selbst noch näher als Merkur, so werden wir ihn nicht mehr in voller Nacht, sondern nur noch in ziemlich heller Dämmerung erblicken. In dieser aber werden viele Partheieen der Nebelmasse, die am schwarzen Nachthimmel noch ganz gut ins Auge fallen, erbleichen und uns unsichtbar werden."

54. S. 349. Bessel in der Conn. des temps für 1839, sowie in Schumacher's Astr. Jahrb. für 1837.

55. S. 351. Kosmos III. Bd. S. 570 mit Hinweisung auf Biot's Recherches sur les Comètes de la Collection de Matuanlin, in den Compt. Rend. T. XX., S. 334. Die im Texte angeführten Nachrichten über möglicherweise eingetretene Theilungen bei früheren Kometen siehe bei Hevel in der Kometographie; auch bei Riccioli. Littrow (S. 420) theilt die nachfolgende Stelle über die Kometen von 1652 ausführlicher und von den Abbildungen begleitet mit. Doch sind alle diese angeblichen Theilungen, welche man seit der merkwürdigen Beobachtung im Jahre 1846 hervorgesucht hat, im Grunde doch wesentlich verschieden von dem noch ganz räthselhaften Phänomen des Biela'schen Kometen.

56. S. 352. Die angeführte Stelle bei Humboldt, Kosmos Bd. III. S. 568 und 569; man vergl. Hind S. 82 ff.

57. S. 353. Man hat hier, wie gewöhnlich, die französischen Meilen als halbe geographische gerechnet; um indessen jedes Mißverständniß zu vermeiden, folgen hier die gegenseitigen Abstände der beiden Kometenköpfe so, wie sie aus Plantamour's Angaben (Astr. Nachr. XXV. Bd. S. 128) hervorgehen, 860 geogr. Meilen als Aequatoreal-Erdhalbmesser gerechnet:

1846.	10. Febr. . . .	32359 g. M.	3. März . . .	34121 g. M.
	17. Febr. . . .	33323 „ „	16. März . . .	33802 „ „
	26. Febr. . . .	33996 „ „	22. März . . .	33463 „ „

Damit stimmen die Zahlen ziemlich nahe überein bei Hind, S. 84 der deutschen Ausg. Indessen baben diese Angaben nicht mehr volle Geltung, seitdem von Hubbard (Astr. Journal III, No. 8—12) und späterhin (Dec. 1854) von d'Arrest ein Versehen in der Plantamour'schen Bestimmung der Bahnen beider Kometenköpfe für das Jahr 1846 nachgewiesen wurde. Nach d'Arrest's neuer Bestimmung traten an Stelle obiger Distanzen (vergl. Astr. Nachr. Bd. XXXIX, S. 330) die nachfolgenden:

1846. Jan. 14 . . . 38390 g. M.		Febr. 23 . . . 41572 g. M.	
24 . . . 40420 „ „		März 5 . . . 41091 „ „	
Febr. 3 . . . 41529 „ „		15 . . . 39053 „ „	
13 . . . 41822 „ „		25 . . . 37393 „ „	

mit dem Maximum des gegenseitigen Abstandes zur Zeit des Periheldurchganges 11. Febr. 1846.

58. S. 353. Auch zu Pulkowa, Cambridge in England, und in Berlin gelangen einige Beobachtungen der beiden Köpfe zur Zeit der Wiederkehr im Sommer 1852. Die Berechnung der damals von beiden Kometenköpfen beschriebenen Bahnen hat d'Arrest gegeben in No. 933 der Astr. Nachr. Hiernach waren die gegenseitigen Abstände (der größte wiederum nahe in die Zeit des Perihels fallend), folgende:

1852. August 27 . . . 325682 g. M.
Sept. 4 . . . 338324 „ „
„ 12 . . . 347526 „ „
„ 20 . . . 352342 „ „
„ 28 . . . 351310 „ „

Merkwürdig war auch während dieser kurzen und ungünstigen Erscheinung der Wechsel der Helligkeiten beider Körper.

59. S. 353. C. von Littrow hält es nicht für unwahrscheinlich, daß der Biela'sche Komet auch bei seinen frühern Erscheinungen, und überhaupt von jeher doppelt gewesen, und daß er früherhin nur infolge der Lichtschwäche des einen Kernes einfach gesehen wurde.

60. S. 354. Apian in seinem seltenen und kostbaren Werke Astronomicon Caesareum 1540; auch Fracastor, der diese Bemerkung bei Gelegenheit desselben Kometen machte, Homocentr. Lugd. 1591, S. 213. Wegen der Kenntniß der Chinesen von der Stellung der Kometenschweife kann man die Uebersetzung der betreffenden Stelle nachlesen bei Humboldt, Kosmos Bd. III, S. 563, 581. Bezeichnende Worte über diesen Umstand kommen auch bereits vor bei Luc. Aen. Seneka.

61. S. 358. Nach den Schriften und Abbildungen bei Heinsius und Chéseaux. Vergl. Anm. 22.

62. S. 360. Die Geschichte der irrigen Meinungen und Vorstellungen über die meteorische Natur der Kometen siehe im 3. Cap. von Pingré's Cometographie.

63. S. 360. Cardani im 4. Buche De Subtilitate (Bd. 3. der Leydener Ausgabe der Werke, 1663). Vergl. Pingré I, S. 71; und noch ausführlicher bei Riccioli, im 8. Buche des Almagest.

64. S. 361. Almagestum nov. P. II. S. 127.

65. S. 362. Gregorii Astronomiae phys. et geometr. Elementa, 2. Ausg. 1726, S. 621. Der vom Kometen aufgestiegene Dunst nimmt, nach David Gregory's Vorstellung, zwar an der Bewegung des Kernes Antheil, bleibt indessen infolge des Widerstandes des Aethers etwas zurück: daraus erklärt sich die Krümmung des Schweifes.

66. S. 365. Mit den im Texte gegebenen Darstellungen sind indessen die Untersuchungen noch keineswegs erschöpft, welche man über die Kometenschweife und deren so mannigfaltige Gestaltungen angestellt hat. Es wären unter Anderen auch die exacten Betrachtungen von Brandes über die Zurückbeugung der Schweife, die sich auf im Einzelnen wohl begründete Erscheinungen, und theilweise auf Messungen stützen, der Erwähnung werth gewesen; ebenso die sichern Schlüsse von Bessel auf das Vorhandensein einer abstoßend wirkenden Polarkraft in den Kometen.

67. S. 365. Zwar nicht gegen die Kometenbeobachtungen des neuholländischen Astronomen, wohl aber gegen sein Verzeichniß der südlichen Nebelflecke sind von Sir John Herschel die begründetsten Zweifel und Bedenken erhoben worden; vergl. den 1. Bd. dieser Astronomie (ges. Werke Bd. 11) S. 222.

68. S. 366. Nicolas Cacciatore in der Abhandlung Della Cometa apparse in Luglio del 1819 Osserv. e Risultati. Aeltere Beobachtungen angeblicher Phasen findet man bei Hevel erwähnt; auch einige chinesische von halbmondförmigen Kometen bei Hind, S. 22, 23.

69. S. 381. „Die planetarische Scheibe (deren Durchmesser indessen weniger als eine Bogensecunde betrug), war von blaßrother Farbe ... der Kopf des Kometen erschien in den verschiedenen Fernröhren grünlich oder bläulich-grün.“ Phil. Transact. for the y. 1811.

70. S. 383. Pingré vergleicht die wellenförmigen Bewegungen und Erzitterungen, welche er, besonders am 4. Sept. 1769 im Schweife des damals sichtbaren Kometen bemerkte, mit den Bewegungen, welche Nordlichter zu zeigen pflegen. Cométogr. Vol. II, S. 83. Indessen werden, bei dem meist so schwachen Schimmer der Kometenschweife, selbst unsichtbar vorüberziehende Dünste die Sicherheit der Beobachtungen wesentlich beeinträchtigen können. Der Anblick gewisser Kometen soll sogar an den Rauch einer entfernten Feuersbrunst erinnert haben; andere schienen gar wie vom Winde hin und her bewegt. Daß alle diese Vibrationen und Aenderungen nicht im Kometenschweife selbst vor sich gehen können, hat Olbers auf unwiderlegliche Weise dargethan. Vergl. auch Mädler's Astronomie, 1852, S. 333.

71. S. 385. Burckhardt's Berechnung der außerordentlichen Annäherung dieses Kometen zum Jupiter besonders im Jahre 1779 (Mem. de l'Institut T. VII) hat durch Brünnow vollkommene Bestätigung erhalten; siehe dessen Preisschrift über den de Vico'schen Kometen, 1849, S. 45. Indessen lassen sich die Elemente des Kometen von 1770 nicht sicher genug bestimmen, um neun Jahre später noch die Stellungen des Kometen gegen Jupiter und seine Monde mit großer Annäherung an die Wahrheit zu ergeben.

72. S. 389. Olbers' Abhandlung Ueber die Möglichkeit, daß ein Komet mit der Erde zusammenstoßen könne, Monatl. Corresp. XXII Bd. S. 409, enthält die vollständige Untersuchung über die hier behandelte und nur in ihren letzten Ergebnissen angeführte Aufgabe. Vergl. Astr. Nachr. Nr. 128.

73. S. 391. Siehe Buffon's Theorie im fünften Bande der Quartausgabe seiner Histoire naturelle, Paris 1778.

74. S. 398. Astron. phys. et geometr. Elementa, Genf 1726, S. 621. David Gregory spricht sehr bestimmt von den schädlichen Einflüssen, welche die aus großen Fernen kommenden und ungemein heißen Dünste auf alles Thier- und Pflanzenleben nothwendig ausüben werden.

75. S. 401. Eine Darstellung und kritische Würdigung der Forster'schen Zusammenstellungen siehe bei Littrow, l. c. S. 440 ff., woselbst auch eine dreißig Jahre umfassende Vergleichung der mittleren Jahrestemperaturen zu Wien mit der Häufigkeit der Kometenerscheinungen in diesem Zeitraume gegeben wird.

76. S. 403. Man berichtet, Kaiser Karl V. habe beim Anblicke des schönen und großen Kometen von 1556 ausgerufen:

His ergo indiciis me mea fata vocant;

oder wie Comiers diese Worte umschreibend übersetzt:

Par la triste Comète
Qui brille sur ma tête,
Je connais que les Cieux
M'appellent de ces lieux.

Dieser Komet, den man, wie oben erwähnt, mit dem außerordentlich prächtigen Kometen von 1264 und mit einer alten Erscheinung vom Jahre 975 für identisch hält, und demzufolge in nächster Zeit zurückerwartet, veranlaßte Karl V. in der That, die Kaiserkrone auf seinen Sohn Ferdinand zu übertragen. — Auch von Napoleon wird erzählt, er habe den im Frühjahre 1822 erschienenen Kometen für einen Vorboten seines Todes gehalten.

Achtzehntes Buch.

Merkur.

Erstes Kapitel.

Merkur's Lichtgestalten. — Seine Bewegung um die Sonne.

Die älteren Astronomen bezeichnen Merkur mit dem Zeichen ☿, in welchem man den Caduceus, das Attribut des Gottes Merkur zu erkennen geglaubt hat.

Das Licht dieses Planeten ist hell und funkelnd.

Wenn Merkur aus den Sonnenstrahlen hervorkommt, und kurz nach dem Tagesgestirn untergeht, bewegt er sich, in Bezug auf die Sterne, von West nach Ost. Wenn seine scheinbare Entfernung von der Sonne einen Winkel erreicht hat, der im Maximum auf ungefähr 27 Grade steigen kann, im Minimum dagegen bis auf 16 Grade herabgeht, meist aber nur 23 Grade beträgt, scheint der Planet sich der Sonne zu nähern, und alsdann sagt man, Merkur sei in seiner größten Elongation. Im Allgemeinen scheint der Planet, wenn er von der Sonne 16 bis 20 Grade, also im Mittel 18 Grade entfernt ist, stillzustehen; darauf nimmt er, in Bezug auf die Sterne, eine rückläufige, d. h. von Ost nach West gerichtete Bewegung an.

Diese Bewegung behält Merkur eine Zeit lang bei, und rückt infolge derselben wiederum in die Dämmerung, woselbst er, wenigstens für die Beobachtung mit bloßem Auge, verschwindet.

Richtet man einige Tage später seine Aufmerksamkeit auf diejenige Gegend des Horizonts, wo die Sonne aufgehen soll, so bemerkt man

einen Stern mit rückläufiger, oder von Ost nach West gerichteter Bewegung, der sich von Tag zu Tag weiter von der Sonne entfernt, bis er von ihr 23 Grade entfernt ist; alsdann tritt, in Bezug auf die Sterne, ein Stillstand ein, nach dessen kurzer Dauer der Planet seine Bewegung wieder von West nach Ost nimmt, um sich einige Zeit darauf in der hellen Morgendämmerung zu verlieren.

Die Dauer einer solchen scheinbaren Schwingung des Merkur in Bezug auf die Sonne, nämlich die Zeit, welche von der größten östlichen Ausweichung bis zur größten westlichen Ausweichung und darauf bis zur Rückkehr in die ursprüngliche Stellung verfließt, beträgt zwischen **106** und **130** Tage.

Die verschiedenen Sternbilder des Thierkreises durchläuft Merkur der Reihe nach ungefähr in einem Jahre, wie die Figuren **166** und **167** (S. **192**) zeigen. Aus diesen Figuren sowohl, als aus Fig. **174** (S. **208**) ersieht man, daß die Geschwindigkeiten in Bezug auf die Sterne äußerst ungleich sind, und zwar meist rechtläufig, bisweilen auch rückläufig, und daß die rückläufige Bewegung stets nahezu 23 Tage währt.

Angenommen der Beobachter bediene sich eines stark vergrößernden Fernrohrs, und betrachte den Planeten, wenn er am Abend anfängt aus den Sonnenstrahlen hervorzutreten, so wird Merkur ihm als ein fast vollkommener Kreis erscheinen (A, Fig. **218**). In dem

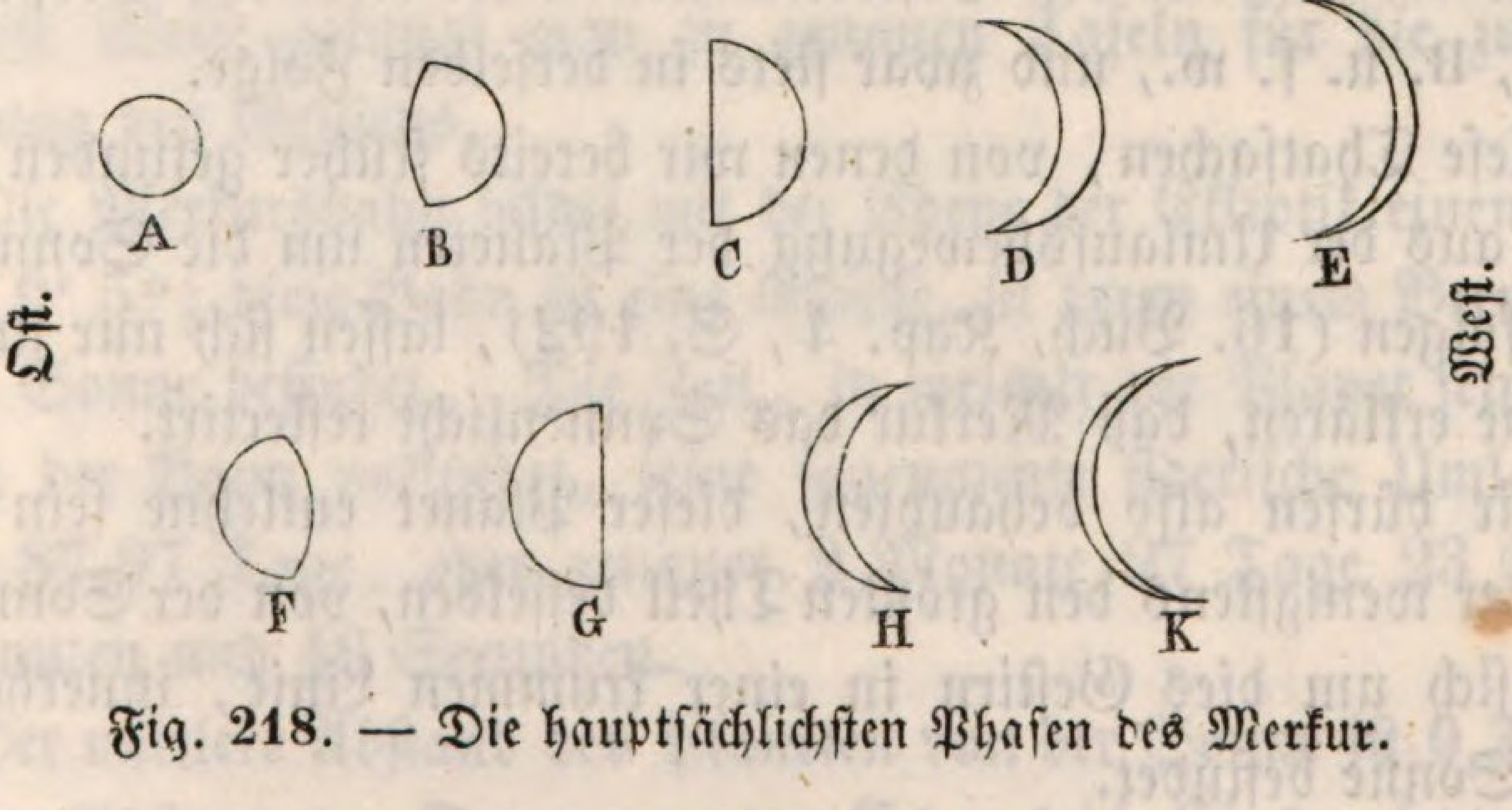


Fig. 218. — Die hauptsächlichsten Phasen des Merkur.

Maaße nun, wie sich der Planet von der Sonne entfernt, nimmt die östliche Seite, während die westliche ihre Kreisform beibehält, eine elliptische Gestalt an (B). Es tritt hierauf ein Zeitpunkt ein, wo der

Planet seine größte Elongation erreicht hat; alsdann ist Merkur an Gestalt dem Monde im ersten Viertel beinahe gleich: seine westliche Hälfte ist kreisrund, die gegenüberliegende dagegen erscheint wie eine gerade Linie, senkrecht stehend auf derjenigen Linie, welche die Mittelpunkte der Sonne und des Planeten miteinander verbindet (C). Späterhin wird diese gradlinige Seite hohl, und nimmt ihrerseits nun gleichfalls die Form einer Ellipse an, deren Convexität nach West gerichtet ist (D). Merkur gleicht dem Monde vor dem ersten Viertel. Endlich, wenn der Planet Abends in den Sonnenstrahlen verschwindet, hat er die Gestalt einer äußerst feinen Mondsichel, begränzt im Westen von einem Halbkreise, und östlich durch einen elliptischen Bogen, der nur unmerklich von einem Halbkreise verschieden ist, und welcher seine concave Seite, die gewissermaßen in die ganz kreisründe Form eingreift, nach Ost kehrt (E).

Betrachtet man Merkur an dem Tage, wo er zuerst aus den Strahlen der Morgendämmerung hervorkommt, und an den nächstfolgenden Tagen, so bemerkt man, nur in entgegengesetzter Richtung, dieselbe Reihenfolge von Erscheinungen. Fortwährend ist der Planet östlich von einem Kreisbogen begränzt, und westlich durch einen elliptischen Bogen, dessen Convexität bald nach Westen gerichtet ist (F), bald nach Ost (wie in H und K): und dazwischen erscheint einmal die westliche Seite wie eine gerade Linie (G). Der Reihe nach wird man den Planeten erblicken in den Gestalten und in der relativen Größe K, H, G, F, A, B. u. s. w., und zwar stets in derselben Folge.

Diese Thatsachen, von denen wir bereits früher gefunden haben, daß sie aus der Umlaufsbewegung der Planeten um die Sonne nothwendig folgen (16. Buch, Kap. 4, S. 192), lassen sich nur unter der Annahme erklären, daß Merkur das Sonnenlicht reflectirt.

Wir dürfen also behaupten, dieser Planet entlehne sein ganzes Licht, oder wenigstens den größten Theil desselben, von der Sonne, und bewege sich um dies Gestirn in einer krummen Linie, innerhalb der sich die Sonne befindet.

Steht Merkur, in Bezug auf die Erde, jenseit der Sonne, und geht er ungefähr gleichzeitig mit ihr durch den Meridian, so sagt man, er steht in seiner oberen Conjunction; er steht dagegen in seiner

untern Conjunction, wenn er sich dergestalt zwischen Sonne und Erde befindet, daß diese drei Körper in einer einzigen Ebene liegen, welche senkrecht steht auf der Ebene der Ekliptik. Man bemerkt leicht, daß Merkur auch bei seiner untern Conjunction gleichzeitig mit der Sonne durch den Meridian geht.

Dadurch, daß man Merkur in seinen Conjunctionen beobachtet, läßt sich, wie ich bereits in dem Buche, welches dem Studium der Planetenbewegungen gewidmet war (16 Buch, Kap. 5. S. 196), gezeigt habe, die Dauer seines Umlaufs um die Sonne bestimmen. Verbindet man die Conjunctionsbeobachtungen mit den Beobachtungen der Quadraturen, und vergleicht man die an verschiedenen Stellen und vorzüglich in der Gegend der auf- uud niedersteigenden Knoten (16. Buch, Kap. 11. S. 226) angestellten Beobachtungen, so erhält man außerdem die Verhältnisse zwischen den Abständen der Planeten von der Erde und der Sonne, und kann daraus die Natur der Laufbahn ermitteln.

Sobald einmal erwiesen ist, daß Merkur sich in einer Ellipse, und zwar nach den Keppler'schen Gesetzen, bewegt, lassen sich aus der Gesammtheit aller an den großen Instrumenten der Sternwarten, nämlich am Meridiankreise und der Sternuhr, angestellten Beobachtungen sämmtliche Ungleichheiten der wirklichen und der theoretisch bestimmten Bewegungen des Planeten mit großer Genauigkeit ermitteln, und daraus können die störenden Einflüsse der übrigen Planeten berechnet werden. Auf diese Weise gelangt man zu genauen Tafeln für die zukünftige Bewegung des Gestirns.

Die Merkursbahn bildet mit der Ebene der Ekliptik einen Winkel von 7° 0′ 5″; diese Bahn ist eine Ellipse, in deren einem Brennpunkte sich die Sonne befindet. Die Zeit, in welcher der Planet seinen Umlauf in der Bahn vollendet, seine sogenannte siderische Umlaufszeit, beträgt 87,97 Tage, oder genauer 2 Monate 27 Tage 23 Stunden 15 Minuten und 46 Secunden.

Der mittlere Abstand des Planeten von der Sonne ist 0,387, den mittleren Abstand der Sonne von der Erde gleich Eins gesetzt.

Die Excentricität beträgt 0,206; die Länge des Perihels ist 74° 20′ 42″, und die Länge des aufsteigenden Knotens 45° 57′ 38″.

Diese Elemente der Merkursbahn sind einer schönen Abhandlung Leverrier's (1845) entnommen, welche den Titel führt: Theorie der Bewegung des Merkur[1]). Das Verdienstliche einer derartigen Untersuchung ist so allgemein anerkannt, daß der Verfasser nicht genöthigt gewesen wäre, derselben eingebildete Schwierigkeiten beizulegen. Sind einmal die Störungen vollständig entwickelt, und steht eine hinreichende Anzahl von Beobachtungen zu Gebote, so ist das Entwerfen von Tafeln für Merkur nicht schwieriger als bei irgend einem andern Planeten.

Die Bedingungsgleichungen, die Tobias Meyer zuerst bei derartigen Untersuchungen eingeführt hat, müssen nothwendig, gleichviel wer die Rechnung anstellt, nahe zu demselben Ergebnisse führen. Daß Lalande fortwährend genöthigt war, seine Tafeln stets von Neuem zu verbessern, kam daher, daß er einzeln und ziemlich willkürlich diejenigen Elemente korrigirte, von denen, seiner Meinung nach, der Unterschied zwischen Beobachtung und Rechnung herrührte.

Es lag also hier gar keine Veranlassung vor, an einen Ausspruch Moestlin's zu erinnern, besonders ohne Moestlin's Worte in dem eigentlichen Sinne zu nehmen, den sie haben: „Wüßte ich Jemand," hatte er geäußert, „der sich mit Merkur beschäftigte, so würde ich ihm mitleidsvoll rathen, seine Zeit nützlicher anzuwenden."

Mit dieser Abmahnung war Keppler's Lehrer in vollem Rechte zu einer Zeit, wo der Planet nur beobachtet war, und nur hatte beobachtet werden können in seltenen und besonderen Stellungen, die an sich wenig geeignet sind, alle Umstände des Laufes kennen zu lehren.

Uebrigens darf ich meinen Mitarbeitern auf der Sternwarte nicht das wohlverdiente Lob entziehen, das Herr Leverrier zur Zeit der Veröffentlichung seiner interessanten Abhandlung an sie richtete:

„Infolge des Eifers und der ausdauernden Geschicklichkeit ihrer Astronomen," schreibt Leverrier, „besitzt die pariser Sternwarte Merkursbeobachtungen in größerer Anzahl, als irgend eine andere europäische Sternwarte. Innerhalb der letzten Jahre, von 1836 bis 1842, hat man zweihundert vollständige Beobachtungen des Merkur angestellt: eine Anzahl, die außerordentlich erscheint, wenn man bedenkt,

wie selten in unsern Gegenden Merkur zu sehen ist, und welche zugleich beweist, daß aufmerksam jede Gelegenheit benutzt worden ist . . . .

„Ich habe das Meinige gethan, damit meine Theorie an Genauigkeit nicht hinter der Schärfe der mir anvertrauten Beobachtungen zurückblieb.“

Zweites Kapitel.

Kenntniß der Alten vom Merkur.

Die Planetennamen sind von den Römern zu uns gekommen; sie sind aber im Grunde nur die Uebersetzung von den griechischen Bezeichnungen, welche man ursprünglich diesen Gestirnen beigelegt hatte.

„Es hat gewiß,“ äußert Laplace, „einer langen Reihe von Beobachtungen bedurft, bevor man die Identität zweier Sterne erkannte, die man abwechselnd Morgens und Abends sah, wie sie sich bald von der Sonne entfernten, bald ihr wiederum näherten; da indessen der eine niemals erschien, ohne daß der andere unsichtbar geworden wäre, so machte man endlich die Bemerkung, es sei derselbe Planet, der sich abwechselnd auf der einen und der andern Seite von der Sonne zeigte.“

Aus dieser Bemerkung von Laplace wird erklärlich, weshalb die Griechen diesem Planeten die beiden Namen beilegten: Apollo, der Gott des Tages, und Merkur, der Gott der Diebe, weil letztere zu ihren Verbrechen das Abenddunkel benutzen.

Die Egypter beschäftigten sich mit Merkur unter den beiden Namen Set und Horus; die Inder gaben ihm die Namen Budha und Rauhineya [2]).

Die Römer hatten in der Astronomie so geringe Fortschritte gemacht, daß Cicero an einer der beiden Stellen, wo von Merkur bei ihm die Rede ist, diesen Planeten zwischen Venus und Mars setzt, während er sich doch in Wirklichkeit zwischen Venus und Sonne befindet. An der andern Stelle, auf die ich hindeutete, im Traume des Scipio, setzt der große Redner voraus, Merkur bewege sich um die Sonne. Makrobius ist der Ansicht, diese Vorstellung, welche richtiger ist als die vorige, habe man von den Egyptern entlehnt.

Wir wissen bereits, daß sich Merkur niemals weit von dem Gestirne des Tages entfernt, um welches er seine Umläufe macht; er geht bald nach der Sonne unter, und ebenso kurz ist auch die Zeit, die zwischen den Aufgängen beider verfließt. Daher kommt es, daß man Merkur nur während der Dämmerung und in der Nähe des Horizonts mit bloßen Augen erkennen kann.

In den Gegenden der Erde, wo der Horizont meist wolkenfrei ist, sieht man den Planeten ohne Schwierigkeit; aus diesem Grunde nannten ihn die Alten auch „den Glänzenden" (*στίλβων*).

Dieser Beiname steht nicht im Einklange mit der Klage des Kopernikus, der die Aeußerung that, „er werde ins Grab steigen, ohne Merkur jemals beobachtet zu haben;" denn der Planet blieb für ihn stets in den Dünsten der Weichsel verborgen[3]. Tycho indessen (dies will ich hier nicht mit Stillschweigen übergehen), beobachtete häufig Merkur mit bloßen Augen, auf der Insel Hween, unter einem Klima, das nicht günstiger sein mochte, als das zu Fraunburg.

Merkurs Phasen sind wegen des kleinen Durchmessers und des allzu hellen Lichtes dieses Planeten so schwer zu beobachten, daß Galilei mit seinen unvollkommenen Werkzeugen, wie aus dem dritten Dialoge hervorgeht, ihr Vorhandensein nicht nachweisen konnte.

Selbst noch Hevelius, in viel späterer Zeit, bezeichnete diese Phasen als sehr schwierig zu beobachten; nichtsdestoweniger hatte er bisweilen den Merkur halbmondförmig erleuchtet gesehen.

Ob für die Phasen des Merkur noch frühere Beobachtungen, als die angeführten, vorhanden sind, wüßte ich nicht zu entscheiden[4].

Drittes Kapitel.

Vorübergänge des Merkur vor der Sonnenscheibe.

Bisweilen bemerkt man in der Zeit zwischen dem Verschwinden des Merkur am Abend- und seinem Wiedererscheinen am Morgenhimmel, auf der Sonne einen schönen schwarzen Fleck, der am Ostrande der Scheibe eintritt, mit gleichförmiger Geschwindigkeit gegen

den Mittelpunkt vorrückt, darüber hinausgeht, endlich den gegenüberliegenden Rand erreicht und verschwindet. Dieser Fleck ist Merkur, der in diesem Falle zwischen Sonne und Erde tritt und so eine wirkliche partielle Sonnenfinsterniß hervorbringt.

Von dieser Wahrheit kann man sich durch folgende charakteristische Merkmale überzeugen. Der Fleck bewegt sich von Ost nach West, so wie sich Merkur vor seinem Verschwinden bewegte, und zwar nahe mit derselben Geschwindigkeit. Im Durchmesser ist er ungefähr von der Größe des hellerleuchteten Planeten, bevor man denselben Abends aus dem Gesichte verlor.

Uebrigens kann man diesen dunkeln Fleck durchaus nicht mit denjenigen Flecken verwechseln, mit denen die Sonnenscheibe häufig besäet ist; denn diese letzteren brauchen eine beträchtliche Zeit, ungefähr 14 Tage, um die sichtbaren Sehnen auf der Sonnenscheibe zurückzulegen, in deren Richtung sie sich fortbewegen (14. Buch, Kap. 3, S. 76), während der in Rede stehende, ausnahmliche Fleck denselben Vorübergang in einem kleinen Bruchtheile des Tages vollbringt. Die eigentlichen Sonnenflecken bewegen sich in der Nähe des Sonnenrandes mit einer verhältnißmäßig sehr geringen Geschwindigkeit; gegenwärtiger Fleck hingegen zeigt übereinstimmend an beiden Rändern und in der Mitte genau dieselbe Geschwindigkeit. An den Umrissen der Sonnenflecken bemerkt man stets große Unregelmäßigkeit; derjenige Fleck dagegen, dessen Erscheinen sich auf natürliche Weise durch den Eintritt des Merkur erklären läßt, ist vollkommen kreisrund, und zeigt durchaus Nichts, was sich in Bezug auf äußeres Ansehen und Größe mit den matterleuchteten Umrissen vergleichen ließe, womit die eigentlichen Flecken umgeben sind, und denen man den Namen Halbschatten beigelegt hat. Endlich ist letzterer Fleck von bei Weitem dunklerem Schwarz, als die in der Atmosphäre der Sonne entstehenden Flecken. Dennoch würde man über die durch diese Beobachtung zulässigen Schlüsse hinausgehen, wollte man aus dieser Thatsache folgern, daß der Körper, durch dessen Dazwischentreten der Fleck entsteht, vollkommen dunkel sei und durchaus kein Licht entsende. Denn wie ich bereits oben nachgewiesen habe (14. Buch, Kap. 20. S. 136), als wir uns mit den Sonnenflecken beschäftigten, ist es einleuchtend, daß die Dunkelheit des

gegenwärtigen Fleckens ein Contrastphänomen sein kann, und daß derselbe in Wirklichkeit, für sich allein gesehen, möglicherweise ebenso hell erscheinen würde, als die der Sonne unmittelbar benachbarten Regionen.

Man muß also in dem Phänomen der Phasen selbst den Beweis dafür suchen, daß Merkur nicht selbstleuchtend ist.

Alpetragius, ein arabischer Astronom, glaubte den Umstand, daß er den Merkur niemals vor der Sonnenscheibe gesehen hatte, dadurch erklären zu müssen, daß er sich den Planeten selbstleuchtend dachte; indessen haben wir schon gesehen (S. 433), daß die Bahn des Merkur nicht in der Ebene der Ekliptik liegt, sondern mit dieser letzteren einen Winkel von ungefähr 7 Graden bildet, und dieser Umstand macht es erklärlich, daß der Planet nur in einer kleinen Anzahl von unteren Conjunctionen vor der Sonne erscheint.

Merkur's Vorübergänge vor der Sonne sind bei allen genauen Bestimmungen der Bahn dieses Kometen von großem Nutzen gewesen. Sie bieten in der That sehr scharfe Beobachtungen unter den günstigsten Bedingungen für die Genauigkeit, Beobachtungen, die vollkommen authentisch sind, und welche durch die Betheiligung zahlreicher Astronomen in weit voneinander entfernten Oertern der Erde für den Fortschritt der Wissenschaft überaus nützlich werden.

Im 12. Jahrhundert glaubte der arabische Arzt und Astronom Averrhoes den Merkur vor der Sonnenscheibe gesehen zu haben; allein der Planet erscheint zur Zeit seiner untern Conjunction nur unter einem Winkel von 12 Secunden, und ein runder, dunkler Körper von diesem Durchmesser ist mit bloßen Augen, selbst wenn er vor der Sonne steht, nicht wahrnehmbar: aller Wahrscheinlichkeit nach hatte also jener arabische Beobachter nur einen Sonnenflecken gesehen. Dasselbe möchte ich behaupten von den Beobachtungen des Scaliger und von denen Keppler's, am 28. Mai 1607. Der Erste, der ganz unbestreitbar Merkur vor der Sonne beobachtete, war unser Landsmann Gassendi, Professor am Collège de France und Kanonikus der Parochialkirche zu Digne [5]).

Am 7. November 1631 beobachtete dieser Gelehrte während seines Aufenthaltes zu Paris Merkur innerhalb des auf ein Blatt weißen

Papiers projicirten Sonnenbildes in einem verfinsterten Gemache, nach dem von Scheiner zur Beobachtung der Sonnenflecken angegebenen Verfahren.

Höchst erfreut, daß ihm eine derartige Beobachtung endlich gelungen war, rief er aus, auf den Stein der Weisen anspielend: „Ich sah, was die Alchemisten mit so großem Eifer suchen, ich sah Merkur in der Sonne."

Die zweite Beobachtung dieses merkwürdigen Phänomens machte im Jahre 1651 Shakerläus, der sich eigens zu diesem Zwecke, um Zeuge des Vorüberganges zu sein, nach Surate begeben hatte.

Im Jahre 1661 beobachtete Hevel den dritten Vorübergang des Planeten, der nach Erfindung der Fernröhre eintrat; aber auch der danziger Astronom sah, wie Gassendi gethan hatte, nicht direct in die Sonne, sondern begnügte sich mit Betrachtung des vergrößerten Sonnenbildes in einem verdunkelten Zimmer.

Endlich, im Jahre 1677, beobachtete Halley auf St. Helena einen vollständigen Durchgang, ich meine Eintritt und Austritt des Planeten auf der Sonnenscheibe. Dies war das erste Mal, wo man die Erscheinung in ihrer ganzen Dauer beobachtete.

Folgendes sind die übrigen Vorübergänge des Merkur vor der Sonne, die man beobachtet hat[6]):

11. November 1690. — Der Austritt wurde beobachtet in Nürnberg, Erfurt und zu Canton.

3. November 1697. — Dom. Cassini zu Paris und Wurzelbauer zu Nürnberg beobachteten den Austritt.

6. Mai 1707. — Lahire hatte einen zu Paris sichtbaren Durchgang auf den 5. Mai angekündigt. Derselbe ereignete sich erst in der nachfolgenden Nacht, und das Ende beobachtete Römer zu Kopenhagen, ohne jedoch eine genaue Messung anstellen zu können.

9. November 1723. — Den Eintritt des Merkur in die Sonnenscheibe beobachteten zu Paris Maraldi und Jakob Cassini.

11. November 1736. — Dieser Durchgang war der erste, den man vollständig zu Paris beobachtete. Nach Maraldi's und J. Cassini's Beobachtungen verflossen 2 Stunden 40 Minuten zwischen Eintritt und Austritt des Planeten.

2. Mai 1740. — Nur der Eintritt beobachtet von Wintrop zu Cambridge in den Vereinigten Staaten.

5. November 1745. — Dieser Durchgang wurde vollständig zu Paris beobachtet von Maraldi und den Cassini's; es verflossen 4 Stunden 30 Minuten zwischen Eintritt und Austritt.

6. Mai 1753. — Nur der Austritt wurde beobachtet von Le Gentil, de l'Isle und Bouguer.

6. November 1756. — Den Patres Gaubil und Amiot allein gelang eine vollständige Beobachtung zu Peking.

10. November 1769. — Nur der Austritt wurde zu Philadelphia und Norriton in den Vereinigten Staaten beobachtet.

12. November 1782. — Dieser Vorübergang wurde vollständig zu Paris beobachtet von Lalande, Messier, Lemonnier, J. D. Cassini u. A.; die Dauer der Erscheinung betrug 1 Stunde 14 Minuten.

4. Mai 1786. — Da die Tafeln von Lalande den Austritt 53 Minuten zu spät angesetzt hatten, verfehlte man die Beobachtung zu Paris, wo der Eintritt übrigens nicht sichtbar gewesen war. Vollständig wurde dieser Durchgang beobachtet zu Mitau von Beitler, zu Petersburg von Inochodjow, zu Bagdad von Beauchamp. Der Durchgang dauerte diesmal 5 Stunden 31 Minuten.

5. November 1789. — Der Eintritt wurde zu Paris beobachtet von J. C. Cassini, Delambre, Messier und Méchain; den Austriit sahen Gallano, Vernacci und de la Concha zu Montevideo; der Vorübergang währte 4 Stunden 50 Minuten.

7. Mai 1799. — Die vollständige Beobachtung dieses Durchganges machte Delambre zu Paris; die Dauer betrug 7 Stunden 18 Minuten.

9. November 1802. — Den Austritt allein beobachtete Lalande zu Paris.

5. Mai 1832. — Eintritt und Austritt beobachtete Bessel auf der königsberger Sternwarte; die ganze Erscheinung währte 6 Stunden 43 Minuten.

8. Mai 1845. — Der Eintritt Merkurs in die Sonnenscheibe wurde zu Altona von Schumacher und Petersen beobachtet; zu Marseille von Valz; zu Genf von Plantamour, unter ziemlich ungünstigen atmosphärischen Umständen. Ganz vollständig beobachteten diese Erscheinung Mitchel zu Cincinnati in den Vereinigten Staaten, und Gaussin zu Nukahiva auf den Marquesas-Inseln; die Dauer betrug 6 Stunden 23 Minuten.

8. November 1848. — Dies ist der letzte, bisher erfolgte Vorübergang. Nur der Eintritt ließ sich beobachten zu Paris, Genf, London und in Cairo. Den vollständigen Durchgang beobachtete Cooper zu Markree-Castle; er währte 5 Stunden 24 Minuten.

Bis zu Ende des gegenwärtigen Jahrhunderts stehen folgende Durchgänge zu erwarten:

1861 . . . . 11. November.
1868 . . . . 4. November.
1878 . . . . 6. Mai.
1881 . . . . 7. November.
1891 . . . . 9. Mai.
1894 . . . . 10. November.
1901 . . . . 4. November.

Seitdem an verschiedenen Orten in Europa und Amerika Ephemeriden der Himmelserscheinungen berechnet werden, welche in Frankreich unter dem Namen Connaissance des temps drei Jahre im Voraus erscheinen, läßt sich ohne Schwierigkeit auf den ersten Blick entscheiden, ob ein Vorübergang des Merkur vor der Sonnenscheibe stattfinden wird; sobald nämlich die Breite des Planeten größer ist als der Sonnenhalbmesser, kann die Erscheinung nicht eintreten.

Uebrigens bedarf es keiner besonderen Erwähnung, daß wenn der Vorübergang geschieht, während die Sonne unter dem Horizonte des Beobachtungsortes steht, derselbe unsichtbar ist, und daß, wenn selbst alle andern Umstände günstig sind, Witterung und Wolken die Beobachtung verhindern können.

Viertes Kapitel.

Größe und physische Constitution des Merkur.

Da der mittlere Abstand des Merkur von der Sonne, die Entfernung der Erde gleich Eins gesetzt, 0,387 ist, so erhält man für diesen mittleren Abstand in geographischen Meilen etwa 7353000.

Aus der Größe der Excentricität 0,206 ergibt sich ferner der Perihelabstand 0,307, und der Abstand im Aphel 0,467; d. h. die kleinste Entfernung des Merkur von der Sonne beträgt 5833000 Meilen, und die größte 8873000.

Sind für einen bestimmten Augenblick die Entfernungen der Erde von der Sonne und der Sonne vom Planeten gegeben, so läßt sich immer, weil die Lage der Bahnen außerdem vollständig bestimmt ist, durch Auflösung eines Dreiecks die Entfernung der Erde vom Merkur

herleiten. Dabei ergibt sich, daß die größte und kleinste Entfernung resp. 25500000 und 9350000 Meilen betragen.

Merkur ist fast niemals ohne Phasen, und seine wahre Gestalt läßt sich deshalb nur dann bestimmen, während man ihn, gewissermaßen auf negative Weise, vor der Sonne sieht.

Diejenigen Astronomen, welche Merkur vor der Sonne vorübergehen sahen, haben es selten unterlassen, den Durchmesser des Planeten mittelst Mikrometer-Beobachtungen in Bogensecunden zu messen. Reducirte man diesen Durchmesser durch eine kleine Rechnung auf den mittleren Abstand der Erde von der Sonne, und verglich ihn mit dem Durchmesser, den unser Erdkörper in derselben Entfernung zeigen mußte, so ließ sich daraus das Verhältniß des körperlichen Inhalts des Merkur zu dem der Erde herleiten.

Eine Vorstellung von den Aenderungen, welche dies Bestimmungsstück erfahren hat, gewährt der Anblick folgender Tafel, in welcher ich die auf den mittleren Abstand des Planeten von der Sonne reducirten Merkursdurchmesser so ansetze, wie sie während des Vorüberganges im Jahre 1832 beobachtet wurden; man muß sich dabei noch an den Umstand erinnern, daß der körperliche Inhalt mit dem Cubus des Durchmessers wächst:

Bessel	6″70
Beer und Mädler[7])	5,82
Gambart	5,18

Merkur's scheinbarer Durchmesser schwankt zwischen 4″4 und 12″: in einer Entfernung von der Erde gleich dem mittleren Abstande der Erde von der Sonne hat er den Werth von 6″75. Der wahre Durchmesser beträgt hiernach 621 geogr. Meilen oder 391 Tausendtel vom Erddurchmesser. Damit wird also der körperliche Inhalt der Planeten gleich 0,060, den des Erdkörpers als Einheit genommen. Fig. 219 zeigt die Größenverhältnisse der Merkursscheibe A in der größten, B in der mittleren Entfernung, und C in der größtmöglichen Nähe.

Bei Beobachtung des Merkurdurchganges im Jahre 1779 glaubte Laplace eine deutliche Abplattung an dem dunkeln Flecke zu erkennen, als welchen Merkur vor der Sonnenscheibe erschien. Es ist aber nicht wahrscheinlich, daß jener französische Astronom hinreichend feine Meß-

instrumente besaß, um einen sehr kleinen Bruchtheil der Secunde verbürgen zu können.

In dieser Beziehung hat man auch an eine ältere Beobachtung erinnert, die Gallet im Jahre 1677 mit einem 20füßigen Borelli'schen Fernrohre zu Avignon angestellt hat, und bei welcher Merkur oval gesehen wurde, die große Axe dem Aequator parallel. Hätte man aber nicht zugleich auch erwähnen müssen, daß derselbe Beobachter, bei Beschreibung des Fleckes, den Merkur in dem vergrößerten Sonnenbilde auf der Fläche eines Schirmes bildete, diesen Fleck als kreisrund, nicht als oval bezeichnet?

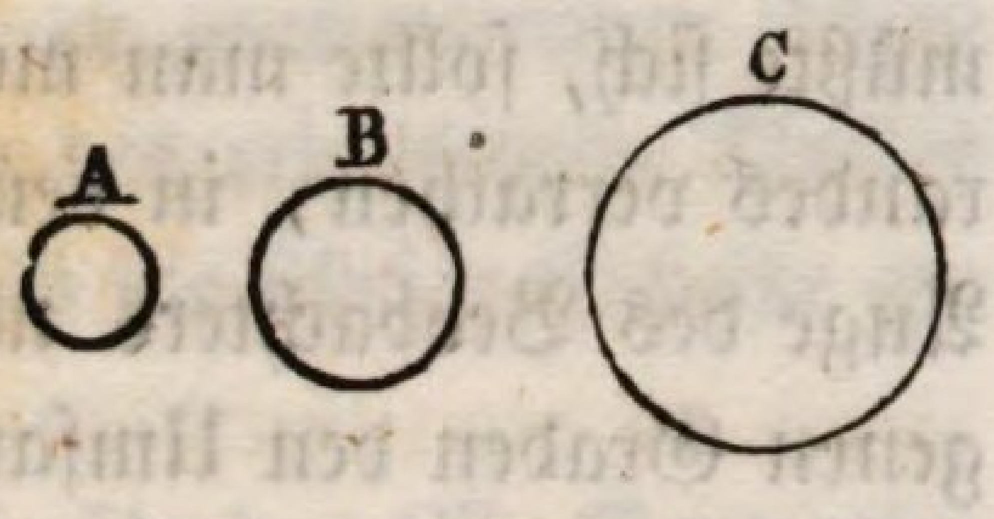


Fig. 219. — Scheinbare Größen der Merkursscheibe in der größten, mittleren und kleinsten Entfernung von der Erde.

Messier, Méchain und Schröter behaupten, um die dunkele Scheibe Merkurs während des Vorübergangs vor der Sonne einen schmalen, matt leuchtenden Ring wahrgenommen zu haben; ein Umstand, den sie der Abschwächung des Sonnenlichtes beim Durchgange durch eine dichte, den Planeten umgebende Atmosphäre zuschreiben. Ich muß jedoch hinzufügen, daß gegen diese Beobachtungen Widerspruch erhoben worden ist.

Herschel vorzüglich behauptet sich überzeugt zu haben, daß der Umfang des Merkur während des ganzen Vorüberganges vollkommen scharf begränzt bleibt. Es ist aber bekannt, daß das Licht beim Durchgange durch eine Atmosphäre geschwächt und gefärbt wird; wenn also die gespannteste Aufmerksamkeit keinen durch Helligkeit oder Farbe von der Sonnenscheibe unterscheidbaren Ring wahrnehmen läßt, so kann man nicht leicht eine Atmosphäre um den Planeten annehmen. Uebrigens wird die Bemerkung nicht nutzlos sein, daß dergleichen Betrachtungen keine absolute Entscheidung gewähren können, und daß man den Folgerungen, welche anscheinend aus Herschel's Beobachtung des Durchganges vom Jahre 1802 hervorgehen, sich dadurch entziehen kann, daß man sich Dichte, brechende Kraft oder Höhe jener Atmosphäre hinreichend klein denkt.

Wäre Merkur von einer Atmosphäre umgeben, so würden die Lichtstrahlen beim Durchgange abgelenkt werden, und diese Ablenkung

müßte sich, sollte man meinen, durch eine Formänderung des Sonnenrandes verrathen, in dem Augenblicke, wo die Verlängerung der vom Auge des Beobachters nach dem Rande des kleineren Gestirnes gezogenen Graden den Umfang des größeren Gestirns fast berührt. Eine solche Formänderung machte sich aber nicht bemerklich in dem Augenblicke, wo der Merkursrand, am Morgen des 9. November 1802, am Sonnenrande auszutreten im Begriff stand. Auch die Ungleichheiten und Lichtadern auf der Sonnenoberfläche hätten ein sehr feines Mittel dargeboten, sich über das Vorhandensein und sogar über die Größe der von der Atmosphäre des Merkur herrührenden Formänderungen Gewißheit zu verschaffen. Aber die Lichtadern sowohl, wie der Umfang der Sonnenscheibe, ergaben ein negatives Resultat.

Während des ganzen Vorüberganges erschien Merkur beträchtlich dunkler und gleichförmiger schwarz, als die Kerne zweier großen Sonnenflecken, mit denen man den Planeten vergleichen konnte.

Doch ich wiederhole es, daß die einander widersprechenden Beobachtungen verschiedener Astronomen in Betreff des Aussehens der Merkurscheibe vor der Sonne nicht hinreichen, um über das Vorhandensein oder das Fehlen einer Atmosphäre bei diesem Planeten urtheilen zu können. Schon der besondere Zustand der in der Richtung nach dem Rande des Planeten belegenen atmosphärischen Schichten kann zur Erklärung der scheinbaren Widersprüche bei gleich geübten Beobachtern dienen.

Freier von Einwürfen ist der Beweis für das Vorhandensein einer Atmosphäre um Merkur, den man hernimmt aus dem plötzlichen Entstehen von Streifen auf der erleuchteten Scheibe.

Diese Streifen nehmen häufig beträchtliche Räume ein, und verursachen dadurch sehr merkliche Aenderungen in der Helligkeit auf der Oberfläche dieses Planeten.

Die Beobachtungen über das Entstehen dunkler Streifen auf Merkurs Oberfläche und über plötzliche Helligkeitsänderungen dieses Planeten, aus denen man mit einiger Sicherheit auf das Vorhandensein einer Atmosphäre geschlossen hat, rühren her von Schröter und Harding und datiren vom Jahre 1801.

Einen neuen Beweis für das Vorhandensein einer Atmosphäre

hat man in der, allerdings aber sehr schwer zu constatirenden Thatsache zu finden geglaubt, daß die Gränzlinie des erleuchteten Theiles bei den Phasen des Planeten weniger hell, als die übrige Scheibe gesehen wird.

Endlich haben Beer und Mädler, als sie für den 29. September 1832 die Größe der Phase berechneten, die sichtbare Phase etwas kleiner gefunden. Indem man nun der unvollständigen Durchsichtigkeit mehr Einfluß, als der Refraction beilegte, hat man daraus, auf einem von allen obigen durchaus verschiedenen Wege gefolgert, daß Merkur eine Atmosphäre besitzt.

Die Frage, ob Merkur rotire, hat mit Recht die Aufmerksamkeit der Astronomen auf sich gezogen.

Wäre der Planet frei von allen merklichen Unebenheiten, so würde seine Sichel stets von zwei ganz gleichen Hörnern begränzt sein, wie sie entstehen aus dem Durchschnitte des Kreisrandes und der elliptischen Krümmung (Fig. 220); aber bisweilen bemerkt man, daß das eine Horn, und zwar das südliche, deutlich abgestumpft wird und beinahe wie abgebrochen erscheint (Fig. 221). Um sich von dieser Thatsache Rechenschaft zu geben, hat man angenommen, es sei in der Gegend

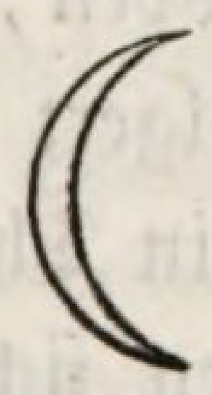


Fig. 220. — Sichelgestalt mit gleich zugespitzten Hörnern.

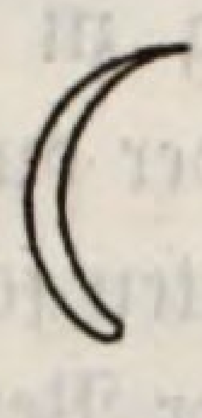


Fig. 221. — Merkur's südliches Horn abgestumpft erscheinend.

dieses südlichen Hornes ein sehr hoher Berg vorhanden, der das Sonnenlicht aufhalte, und daran verhindere, den Punkt zu erreichen, den das spitze Horn, wäre er nicht vorhanden, einnehmen würde.

In dem regelmäßigen Wiedererscheinen dieser Abstumpfung darf man also ein Anzeichen von der Rückkehr jenes Berges an den Rand der sichtbaren Scheibe erblicken.

Eine Vergleichung der Zeitpunkte, wo das Horn dergestalt abgestumpft erscheint, hat zu dem Schlusse geführt, daß sich Merkur in 24 Stunden 5 Minuten mittlerer Zeit um seine Axe drehe.

Aus der Größe dieser Abstumpfung läßt sich berechnen, wie hoch

der Berg sei, der sie hervorruft. Für diese Höhe haben sich ungefähr $2\frac{1}{2}$ Meilen ergeben; dies ist etwa der 125. Theil vom Halbmesser des Planeten, also außerordentlich groß im Vergleiche zu den Berghöhen an der Oberfläche unserer Erde.

Jene Beobachtungen der Hörnergestalten, mittelst deren man Merkurs Umdrehung um seine Axe bestimmt hat, und ebenso auch die Höhe des Berges, der die Abstumpfung am südlichen Horne hervorbringen soll, wurden schon in den Jahren 1800 und 1801 von Schröter zu Lilienthal angestellt.

Andere Beobachtungen, die zur Bestimmung der Rotation des Planeten freilich wenig geeignet sind, die Beobachtungen der Streifen nämlich (Fig. 222), die Schröter und Harding angestellt haben, sollen anscheinend den Winkel zwischen dem Aequator des Merkur und der Ebene seiner Bahn 70 Grade groß ergeben haben.



Fig. 222. — Streifen des Merkur*).

Beim Merkursdurchgange im Jahre 1799 bemerkten Schröter und Harding zu Lilienthal, sowie Köhler zu Dresden, einen hellen Punkt auf der dunkeln Scheibe, woraus man gefolgert hat, daß auf diesem Planeten feuerspeiende Berge vorhanden und in Thätigkeit seien.

Aus der Verrückung dieses Punktes gegen den sichtbaren Merkursrand ließ sich die Rotation des Planeten um seine Axe, wenn nicht messen, doch deutlich wahrnehmen.

Wer Betrachtungen anstellen möchte über den Wärmezustand auf dem Merkur, kann dabei von der Thatsache ausgehen, daß Sonnenlicht und Wärme die Oberfläche dieses Planeten mit einer mittleren Stärke von 7, oder genauer 6,67 erreichen, wenn man nämlich diejenige Stärke als Einheit zu Grunde legt, welche für die Erdoberfläche gilt im mittleren Abstande von der Licht und Wärme spendenden Sonne.

*) Den Figuren 218, 219, 220, 221, 222, 223 und 226, welche die relativen Größen von Merkur und Venus in verschiedenen Stellungen zeigen, liegt allen derselbe Maßstab zu Grunde; jede Bogensecunde wird nämlich durch ein Millimeter vorgestellt.

Dies Resultat ergibt sich, sobald man von der Annahme ausgeht, der Stärkegrad des Lichtes und der Wärme, die von einer Quelle ausgesandt werden, und Körper in verschiedenen Entfernungen treffen, ändere sich im umgekehrten Verhältnisse der Quadrate der Abstände jener Körper von der Quelle. Infolge dieses Gesetzes und der beträchtlichen Excentricität der Merkursbahn, wechseln Licht und Wärme, die dieser Planet von der Sonne empfängt, von 4,59 in der Sonnenferne bis zu 10,58 in seiner Sonnennähe.

Anmerkungen der deutschen Ausgabe.

Zum achtzehnten Buch.

1. S. 434. Angehängt der Connaiss. des temps pour l'an 1848. Paris 1845.

2. S. 435. Vergleiche über die alten Namen des Merkur bei Aegyptern und Indern Kosmos III Bd. S. 490 und 469: auch Goguet De l'Origine des loix etc. II. S. 430, und Riccioli Alm. nov. I, lib. 7, S. 480. Daß Merkur bisweilen der Stern Apollo's genannt wurde, erzählt Plinius Hist. Nat. II, cap. 8.

3. S. 436. In der That bediente sich Kopernikus zur Theorie des Merkur in seinem Werke dreier nürnberger Beobachtungen des Bernhard Walther und Joh. Schoner. Einer der Biographen des Kopernikus hat auch auf den Umstand aufmerksam gemacht, daß Hevel zu Danzig, unter ebenso ungünstigen Umständen, Merkur ziemlich häufig beobachtet habe.

4. S. 436. Scheiner schreibt indessen schon im Jahre 1614 in seinen Disq. mathem. de controversiis . . . astron. „Einige behaupten den Merkur in Sichelgestalt gesehen zu haben." Ganz zweifellos, und wohl zuerst hat der Jesuit Joh. Bap. Zupus im Mai 1639 die Phasen des Merkur beobachtet, wie Riccioli im Almagest I. S. 484 bezeugt.

5. S. 438. Lalande Astronomie 3. édit. §. 2000 u. ff.

6. S. 439. Daß die hier gegebene Aufzählung der Beobachtungen von Merkursdurchgängen keineswegs vollständig ist, wird kaum besonderer Erwähnung bedürfen. So wurde z. B. der Durchgang von 1802, bei welchem im Texte nur Lalande zu Paris genannt wird, auch von Humboldt in Peru und von vielen andern Astronomen beobachtet.

7. S. 442. Beer und Mädler in Beiträge zur physischen Kenntniß der himml. Körper 1841, S. 145. Nach Bessel beträgt der Merkursdurchmesser 671 Meilen. Humboldt macht bemerklich (Kosmos III. Bd. S. 537 Anm. 11), daß auch Mädler neuerdings dem Bessel'schen Resultate aus Heliometermessungen vor seinen eigenen den Vorzug gegeben hat; Gambart's mit sehr unvollkommenem Werkzeuge angestellte Messung kann dagegen kaum in Betracht kommen.

Neunzehntes Buch.

Venus.

Erstes Kapitel.

Anblick der Venus. — Ihre Bewegung um die Sonne.

Den Planeten Venus bezeichnet man mit dem Symbol ♀, in welchem man einen Spiegel mit Handgriff zu erkennen geglaubt hat. Das Licht der Venus verräth deutliche Spuren von Funkeln. In ihren Bewegungen zeigt sie dieselben Erscheinungen wie Merkur, nur in größerem Maßstabe.

Infolge der relativen Bewegungen von Venus und Sonne erreicht der gegenseitige Abstand beider Gestirne bisweilen, in den größten östlichen oder westlichen Ausweichungen des Planeten, nahezu 48 Grade. Die Dauer eines scheinbaren vollen Umlaufs um die Sonne, nämlich die Zeit, welche der Planet, von der Erde aus gesehen, braucht, um zu derselben Stellung gegen die Sonne zurückzukehren, beträgt 584 Tage oder 1 Jahr 7 Monate und 9 Tage.

In Bezug auf die Firsterne ist die Bewegung der Venus zu Zeiten rechtläufig, zu anderen Zeiten aber rückläufig.

So ist die Bewegung zu der Zeit, wo der Planet Abends in den Sonnenstrahlen verschwindet, in Bezug auf die Sterne von Ost nach West gerichtet: ebenso geschieht die Bewegung auch rückläufig, wenn der Planet Morgens aus der Dämmerung hervortritt.

Von den 584 Tagen eines vollen scheinbaren (synodischen) Umlaufs um die Sonne kommen ungefähr 542 Tage auf die in Bezug

auf die Sterne rechtläufige Bewegung, und nur während 42 Tagen ist die Venus rückläufig. Unterdessen durchläuft der Planet, der sich bald auf der einen, bald auf der andern Seite der Ekliptik aufhält, von dieser sich niemals weit entfernend, nach und nach alle Sternbilder des Thierkreises, und vollendet so seinen Umlauf um die Sonne in der Weise, wie Fig. 166 und 167 (S. 192) und Fig. 175 (S. 209) zeigen.

Zu der Zeit, wo Venus Abends aus den Sonnenstrahlen hervortritt, oder wo sie des Morgens in denselben verschwindet, ist ihr Durchmesser sehr klein und die Scheibe beinahe rund. Beträchtlich größer ist dieser Durchmesser, und wie ausgeschnitten erscheint der Planet (dem Monde in ähnlicher Stellung vergleichbar), wenn er Abends in der Dämmerung verschwindet, oder des Morgens aus den Sonnenstrahlen hervortritt.

Abends ist die concave Seite der Sichel gegen Osten gewendet; des Morgens hingegen gegen Westen. In der Zeit zwischen den genannten Epochen ist Venus halbvoll.

Alle diese Erscheinungen finden ihre ganz einfache Erklärung, sobald man annimmt, Venus umkreise die Sonne in einer geschlossenen Bahn, innerhalb welcher sich die Sonne befindet (Fig. 168, S. 193); der Planet sei ferner nicht selbstleuchtend, sondern entlehne den größten Theil des Lichtes, in welchem wir ihn glänzen sehen, der Sonne.

Befindet sich der Planet jenseit der Sonne in derselben Länge wie diese, und geht um Mittag durch den Meridian, so sagt man, er sei in der obern Conjunction. Die untere Conjunction tritt zu der Zeit ein, wo sich der Planet zwischen Sonne und Erde befindet; auch in diesem Falle tritt er um Mittag in den Meridian.

Venus steht in ihren Quadraturen zu der Zeit, wo die geraden Linien, vom Planeten zur Erde und zur Sonne gezogen, untereinander einen Winkel von 90 Graden machen.

Mit Hülfe sehr zahlreicher Beobachtungen, die auf den Sternwarten an großen Instrumenten angestellt wurden, ist es möglich geworden, die Elemente der fast kreisförmigen Bahn, welche Venus um die Sonne nach den Keppler'schen Gesetzen beschreibt, mit großer Genauigkeit zu bestimmen. Sind die Elemente einmal genau berechnet,

und mit neuen Beobachtungen verglichen worden, so kann man auf alle von den übrigen Planeten herrührenden Störungen Rücksicht nehmen, und ist im Stande, genaue Tafeln zu berechnen. Die vorzüglichsten Venustafeln sind die Lindenau'schen, denen wir die folgenden Elemente entnehmen:

Die Neigung der Venusbahn gegen die Ebene der Ekliptik beträgt 3° 23′ 29″.

Die mittlere Entfernung von der Sonne, oder die halbe große Axe der von Venus durchlaufenen Ellipse ist 0,723, wobei die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne 1 ist.

Die Ellipse der Venus ist beinahe kreisförmig; die Excentricität beträgt nämlich nur 0,007, und demzufolge ist die Periheldistanz 0,718, die Apheldistanz 0,728.

Die Länge des Perihels ist 128° 43′ 6″; die des aufsteigenden Knotens 74° 51′ 41″.

Seine Bahn um die Sonne durchläuft dieser Planet in 224,7 Tagen, oder mit andern Worten, seine siderische Umlaufszeit beträgt 7 Monate, 14 Tage 16 Stunden 49 Minuten 7 Secunden (den Monat zu 30 Tagen angenommen).

Zweites Kapitel.

Kenntniß der Alten vom Planeten Venus.

Venus ist der einzige Planet, dessen Homer erwähnt; er gibt ihr das Epitheton *Κάλλιστος*, um die Schönheit zu bezeichnen (Iliade XXII, V. 318)*).

Venus hat auch die Namen Juno und Isis geführt. Die Identität der beiden glänzenden Gestirne, die man bald Morgens bald Abends erblickte, wurde nicht gleich anfänglich erkannt; deshalb nannten die Alten den Planeten, wenn er einige Zeit nach der Sonne

*) Ἕσπερος ὃς κάλλιστος ἐν οὐρανῷ ἵσταται ἀστηρ
Hesperus quae pulcherrima in coelo posita est stella.

unterging, Hesperus, Abendstern: erschien er aber am Morgenhimmel vor aufgehender Sonne, so nannte man ihn ἠωσφορος, φωσφορος, Lucifer, Morgenstern.

Allbekannt ist, daß man der Venus häufig den Namen Schäferstern beilegt [1]).

Bei den Indern hieß Venus Sukra, d. h. der Glänzende; nach Bopp führte sie auch den Namen Daitya-guru, von Guru Lehrer, und Daityas, die Titanen [2]).

Die alten Astronomen wollten, wie bekannt, die Bewegungen der Planeten durch Umlaufen um die Erde erklären; indessen gelang es ihnen in Bezug auf Merkur sowenig, als für Venus. Deshalb ließ auch Ptolemäus die Theorie dieser beiden Planeten etwas unbestimmt.

Kopernikus dagegen, der eine glückliche Vermuthung der Egypter wiederaufnahm, ließ Merkur und Venus sich in Kreisbahnen bewegen, in deren Innerem sich die Sonne befand, während die Erde weit außerhalb beider Bahnen lag. Dieser Annahme stellte man, wird erzählt, die Behauptung entgegen, beide Planeten müßten, nach diesem Systeme, Phasen zeigen. Wie überliefert wird, erwiderte der thorner Astronom prophetisch: „Diese Phasen sind in der That vorhanden, und würden sichtbar werden, sobald es gelänge, den Umfang des Bildes deutlich zu sehen.“ Die Bemerkung darf man jedoch nicht unterlassen, daß obige Worte nicht in dem Buche De Revolutionibus stehen; hier hebt Kopernikus vielmehr die Schwierigkeit, die man ihm entgegengehalten hatte, mit der Vermuthung, Venus könne selbstleuchtend sein, oder vom Sonnenlichte gewissermaßen so vollkommen durchdrungen und erfüllt werden, daß jedes Theilchen, gleichviel ob innen oder außen belegen, einiges Licht zur Erde sende [3]).

Jener Einwand, den man gegen Kopernikus erhoben hatte, gründete sich auf eine Beobachtung, deren thatsächliche Unrichtigkeit Galilei im Jahre 1610 nachwies.

Drittes Kapitel.

Durchgänge der Venus vor der Sonne.

Es ist bereits oben erwähnt worden, daß Venus, von der Erde aus gesehen, ihren (synodischen) Umlauf um die Sonne in ungefähr 584 Tagen vollbringt. Während dieser Zeit hat aber die Erde einen ganzen Umlauf um die Sonne gemacht, und außerdem noch etwa 216 Grade. Nun betragen aber 5 Mal 216 Grade 1080 oder 3 Mal 360 Grade: aus diesem Grunde kehren nach je fünf Conjunctionen oder nach je 5 Mal 584 Tage, d. h. nach 2920 Tagen oder 8 Jahren, die Conjunctionen nahe an denselben Tagen und an denselben Stellen des Himmels wieder zurück.

Fiele die Ebene, in welcher die Venusbahn liegt, mit der Ebene der Ekliptik vollständig zusammen, so würde man bei jedem Uebergange von der östlichen zur westlichen Ausweichung, den Planeten nothwendig vor der Sonnenscheibe erblicken.

Indessen haben wir schon gesehen, daß die Ebene der Venusbahn mit der Ekliptik einen Winkel von ungefähr 3° 24′ bildet, und es leuchtet ein, daß eine Projection des Planeten auf die Sonnenscheibe nur dann stattfinden kann, wenn seine Breite in den untern Conjunctionen kleiner ist als der Sonnenhalbmesser. Hiernach ist leicht begreiflich, daß nur gewisse Conjunctionen Venusdurchgänge herbeiführen können. Hat ein solcher einmal stattgefunden, so kann man, infolge der angedeuteten Rechnungen, einen zweiten nach 8 Jahren erwarten. Da indessen die Breiten der Venus und der Sonne nach Verlauf von 8 Jahren nicht in aller Strenge identisch sind, sondern einen Unterschied von 20 bis 24 Bogenminuten zeigen, so entsteht nach 16 Jahren bereits ein Unterschied von 40 bis 48 Minuten, was über den Sonnenhalbmesser hinausführt. Deshalb können niemals drei aufeinanderfolgende Durchgänge in 16 Jahren eintreten.

Diese Durchgänge der Venus, aus welchen die Astronomen, wie ich an einer andern Stelle zeigen werde, den größten Nutzen gezogen haben, kehren, nachdem sie sich in der Zwischenzeit von acht Jahren ereignet haben, erst nach länger als einem Jahrhundert wieder, um dann wiederum innerhalb acht Jahren einzutreten, u. s. w.

Obgleich wir uns später mit den Vorübergängen der Venus vor der Sonnenscheibe und den daraus abgeleiteten Folgerungen ausführlich werden zu beschäftigen haben, will ich hier nichtsdestoweniger die erste derartige Beobachtung anführen, welche überhaupt angestellt worden ist. Dieselbe fällt in die Mitte des 17. Jahrhunderts.

Horrox und Crabtree sahen in der Nähe von Liverpool am 4. December 1639 Venus vor der Sonnenscheibe. In seiner Begeisterung feierte Horrox diese Beobachtung in einer mythologischen Dithyrambe, in der er unter Anderm den Bund der Venus mit der Sonne verherrlichte[4]).

Folgendes Verzeichniß enthält, seit Erfindung der Fernröhre, die Tage der Vorübergänge der Venus bis zu Ende des 24. Jahrhunderts der christlichen Zeitrechnung:

1639	4. December,	2117	10. December,
1761	5. Juni,	2125	8. December,
1769	3. Juni,	2247	11. Juni,
1874	8. December,	2255	8. Juni,
1882	6. December,	2360	12. December,
2004	7. Juni,	2368	10. December.
2012	5. Juni,		

Vor 1874 und 1882 wird man keinen Vorübergang beobachten. So kommt bei diesem Phänomen, wie schon Delambre bemerkt, auch die große Seltenheit noch zu der wirklichen Wichtigkeit hinzu.

Viertes Kapitel.

Größe der Venus.

Aus einer großen Anzahl von Beobachtungen der Venus, sowohl zu der Zeit, wo sie vor der Sonne stand, als auch durch gemessene Hörnerdistanzen, wenn der Planet sichelförmig erscheint, hat man gefunden, daß der scheinbare Durchmesser dieses Planeten, für den Anblick von der Erde aus, äußerst veränderlich ist. In der That zeigen mikrometrische Messungen, daß dieser scheinbare Durchmesser zwischen

9″5 und 62″ schwankt; indessen lassen sich diese außerordentlichen Unterschiede sehr leicht erklären, denn kein anderer Hauptplanet kann sich der Erde so sehr nähern, wie Venus. Sie kommt unserer Erde nahe bis auf etwa 4875000 Meilen, und kann sich bis auf 32500000 Meilen von ihr entfernen.

Ich werde hier die Messungen des wahren Venusdurchmessers anführen, d. h. so wie er erscheinen würde in einer Entfernung von der Sonne, die dem mittleren Abstande der Erde von der Sonne gleichkommt.

Mit einem Prismenmikrometer habe ich zu Paris den Venusdurchmesser gefunden 16″90; Beer und Mädler haben im Jahre 1836 dafür gefunden 17″14.

In Fig. 223 sieht man die Größenverhältnisse der Venusscheiben, und zwar in A so wie er im größten Abstande von der Erde stattfindet, in C für die kleinste Entfernung, und endlich in B für eine mittlere, dem Abstande der Erde von der Sonne gleiche Entfernung.

Ueber das Verhältniß der Größen von Venus und Erde hat man sehr verschiedene Angaben gemacht: während nämlich Einige den Durchmesser der Venus größer als den Erddurchmesser fanden, nahmen Andere, und zwar die Mehrzahl, an, der Durchmesser der Erde sei ein wenig größer, als der der Venus. Nach Encke nimmt man gegenwärtig ziemlich allgemein an (als Resultat der Untersuchung, welche dieser Astronom über die Venusdurchgänge von 1761 und 1769 angestellt hat), daß der Durchmesser unserer Erde, in der mittleren Entfernung von der Sonne, unter einem Winkel von 17″16 erscheinen würde.

Man sieht sogleich, daß es nur der Aenderung von einem Bruchtheile der Secunde in den Mikrometermessungen der Venus bedürfte, um ihr einen Durchmesser, und folglich auch einen Inhalt gleich dem der Erde beizulegen.

William Herschel hatte im Jahre 1792 den Venusdurchmesser, bezogen auf die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne 18″79 gefunden, und dies Resultat ergab, für den wirklichen Durchmesser des Planeten, einen beträchtlich größern Werth als der Erddurchmesser, aber die Zahl, die Herschel zu Slough fand, ist unzweifelhaft zu groß.

Nach Erwägung aller Umstände scheint Venus im Durchmesser und folglich auch im körperlichen Inhalte etwas dem Durchmesser und

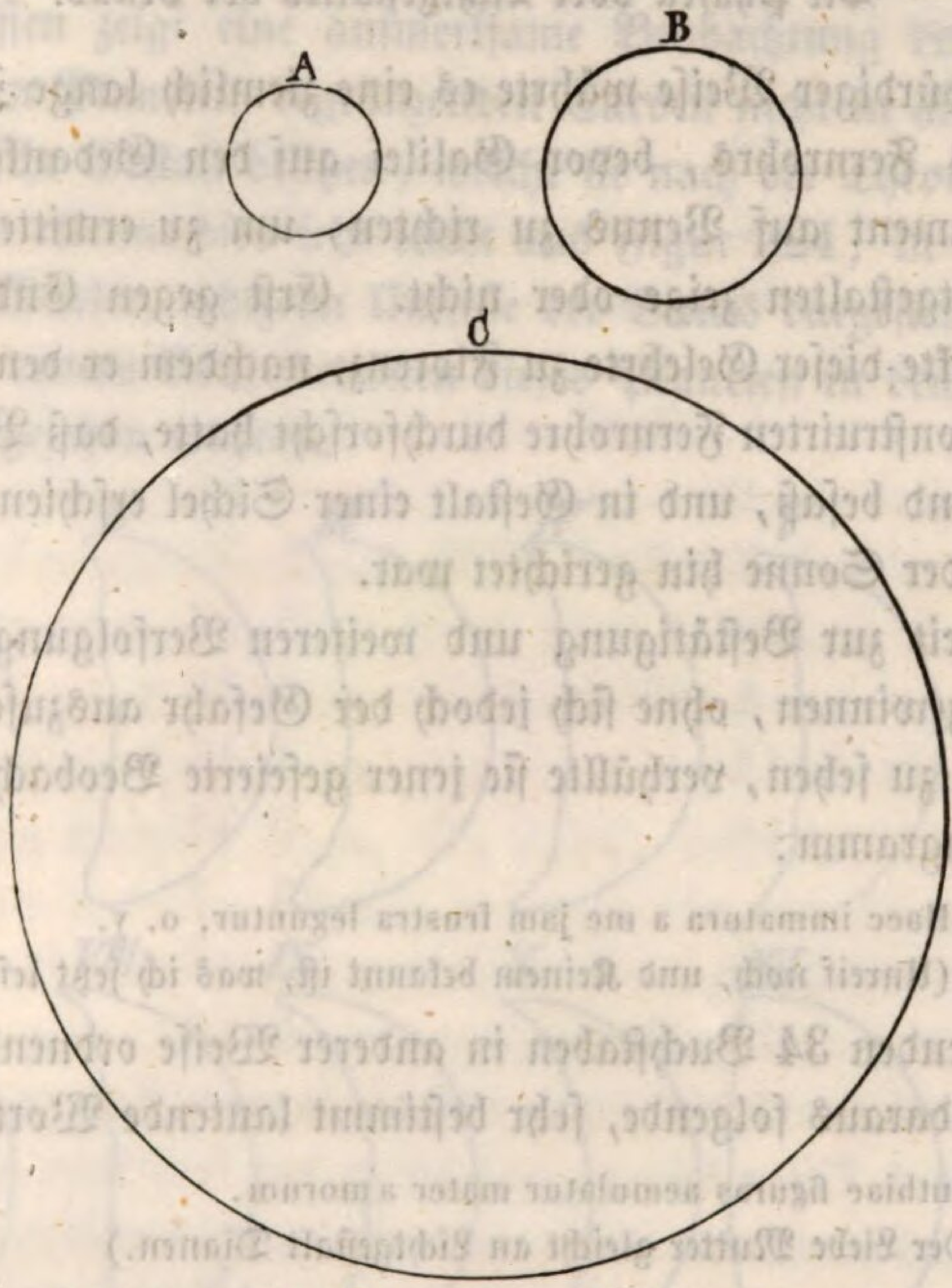


Fig. 223. — Scheinbare Größe der Venusscheibe in den äußersten und in der mittleren Entfernung von der Erde.

dem Inhalte der Erde nachzustehen. Aber der Unterschied ist zu gering, um annehmen zu können, daß sich seine wahre Größe aus den Beobachtungen genau ableiten ließe.

Läßt man den Werth 16″90 gelten, wie er aus meinen Mikrometermessungen folgt, so verhalten sich die Durchmesser von Venus und Erde wie 0,985 : 1, und demnach ist der Inhalt 957 Tausendtel vom Inhalte unserer Erde. Der wahre Durchmesser der Venus beträgt etwa 1700 geographische Meilen [5].

Fünftes Kapitel.

Die Phasen oder Lichtgestalten der Venus.

Merkwürdiger Weise währte es eine ziemlich lange Zeit nach Erfindung des Fernrohrs, bevor Galilei auf den Gedanken kam, das neue Instrument auf Venus zu richten, um zu ermitteln, ob dieser Planet Lichtgestalten zeige oder nicht. Erst gegen Ende September 1610 bemerkte dieser Gelehrte zu Florenz, nachdem er den Himmel mit einem neu construirten Fernrohre durchforscht hatte, daß Venus Phasen wie der Mond besaß, und in Gestalt einer Sichel erschien, deren hohle Seite nach der Sonne hin gerichtet war.

Um Zeit zur Bestätigung und weiteren Verfolgung seiner Entdeckung zu gewinnen, ohne sich jedoch der Gefahr auszusetzen, dieselbe sich entrissen zu sehen, verhüllte sie jener gefeierte Beobachter unter folgendem Anagramm:

Haec immatura a me jam frustra leguntur, o. y.

(Unreif noch, und Keinem bekannt ist, was ich jetzt lese.)

Die vorstehenden 34 Buchstaben in anderer Weise ordnend, zog späterhin Galilei daraus folgende, sehr bestimmt lautende Worte[6]):

Cynthiae figuras aemulatur mater amorum.

(Der Liebe Mutter gleicht an Lichtgestalt Dianen.)

Von diesen beiden lateinischen Zeilen enthält jede fünf A, ein C, zwei E, ein F, eln G, ein H, ein J, ein J, ein L, vier M, ein N, ein O, vier R, ein S, drei T, vier V, ein Y, ein Æ.

In Venturi's Sammlung findet sich ein Brief des Pater Castelli an den berühmten florentiner Philosophen, datirt Brescia, den 5. November 1610, in welchem dieser Gelehrte an Galilei die Frage richtet, ob nicht Venus und Mars Phasen zeigen. Galilei erwiederte ihm, „er sei mit vielerlei Untersuchungen beschäftigt, befände sich aber, infolge seiner bedeutenden Kränklichkeit, besser im Bette, als unter freiem Himmel" (Venturi I. Bd., S. 142).

Am 30. December 1610 meldete Galilei an Castelli, er habe die Lichtgestalten der Venus erkannt.

Bereits oben habe ich angeführt, daß die Entdeckung der Phasen der Venus, die in ihrem allgemeinen Verhalten genau dieselben Um-

stände darbieten, als Merkur und der Mond, jenen Einwand vernichtete, den man gegen das Kopernikanische Weltsystem erhoben hatte.

Indessen zeigt eine aufmerksame Beobachtung der Erscheinung, daß die den Planeten begränzenden Curven nicht in aller Strenge die mathematische Gestalt besitzen, welche sie nach der Theorie haben müßten. Man erkennt dies sehr leicht aus Figur 224, in welcher, nach Beer und Mädler, achtzehn Umrisse der Venus dargestellt sind, so wie sie in den untern Conjunctionen dieses Planeten in den Jahren 1833 und 1836 gesehen wurden.

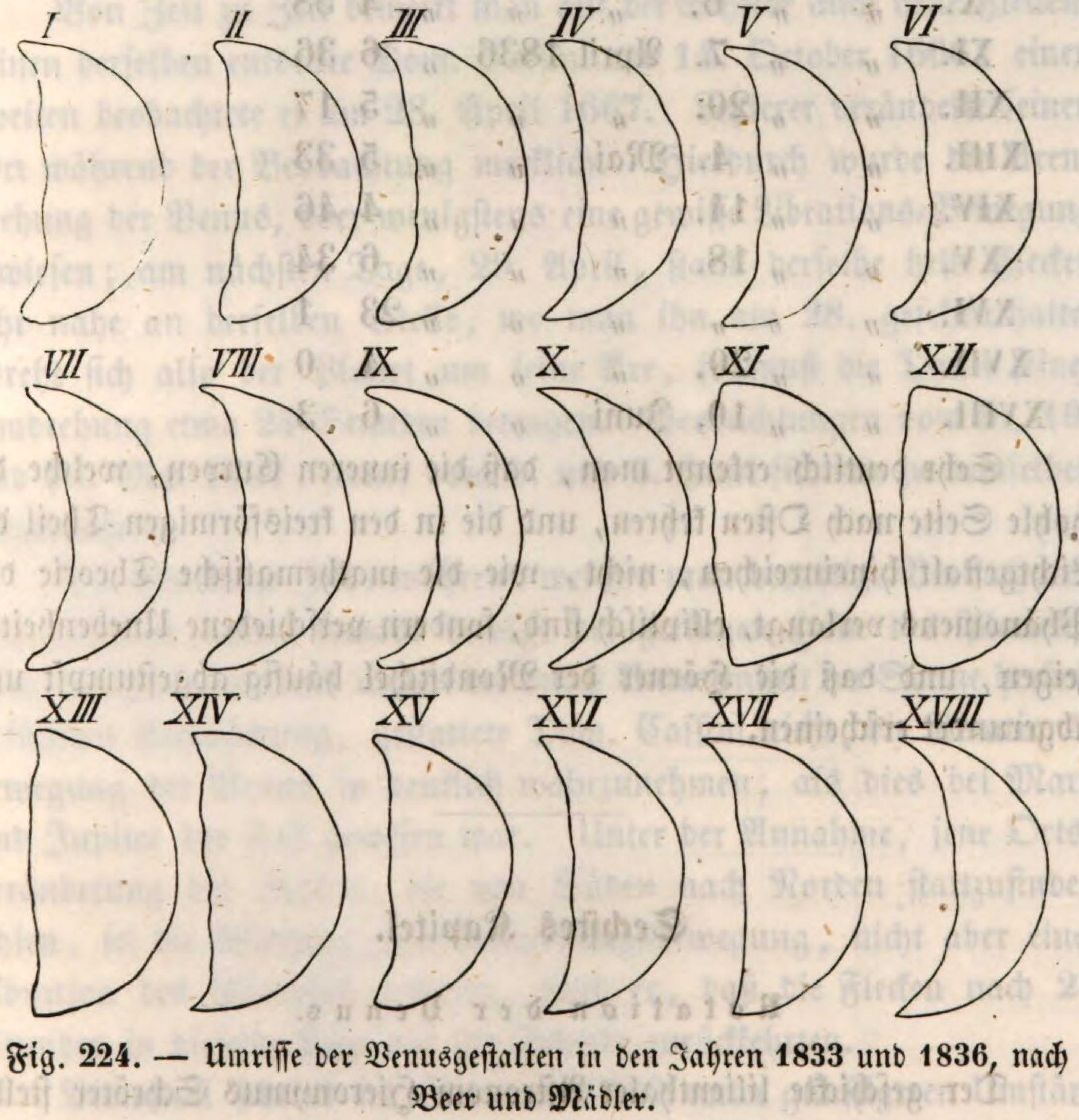


Fig. 224. — Umrisse der Venusgestalten in den Jahren 1833 und 1836, nach Beer und Mädler.

Diese Zeichnungen sind sehr geeignet, um, wie in den folgenden Kapiteln gezeigt werden soll, das Vorhandensein hoher Gebirge auf der Venus nachzuweisen, und zugleich die Umdrehungszeit des Planeten um seine Axe zu bestimmen.

I.	Venus	am	21.	März 1833	um	6^h	45^m	M. Zt. zu Paris.
II.	"	"	"	"	"	7	55	
III.	"	"	25.	"	"	4	30	
IV.	"	"	"	"	"	4	59	
V.	"	"	26.	"	"	4	33	
VI.	"	"	"	"	"	4	51	
VII.	"	"	29.	"	"	4	24	
VIII.	"	"	"	"	"	4	47	
IX.	"	"	5.	April	"	4	5	
X.	"	"	6.	"	"	4	58	
XI.	"	"	7.	April 1836	"	6	36	
XII.	"	"	20.	"	"	5	17	
XIII.	"	"	4.	Mai	"	5	33	
XIV.	"	"	14.	"	"	4	46	
XV.	"	"	18.	"	"	6	34	
XVI.	"	"	"	"	"	23	1	
XVII.	"	"	20.	"	"	4	0	
XVIII.	"	"	10.	Juni	"	6	3	

Sehr deutlich erkennt man, daß die inneren Curven, welche die hohle Seite nach Osten kehren, und die in den kreisförmigen Theil der Lichtgestalt hineinreichen, nicht, wie die mathematische Theorie des Phänomens verlangt, elliptisch sind, sondern verschiedene Unebenheiten zeigen, und daß die Hörner der Mondsichel häufig abgestumpft und abgerundet erscheinen.

Sechstes Kapitel.

Rotation der Venus.

Der geschickte lilienthaler Astronom Hieronymus Schröter stellte von 1788 bis 1793 viele sehr sorgfältige Beobachtungen an über die Hörnergestalten der Venus, und folgerte daraus, wie dies gleichfalls, nach dem früher Mitgetheilten, bei Merkur geschehen war, daß der Planet eine Rotation von 23 Stunden 21 Minuten Dauer besitzt. Die

Axe, um welche diese Rotation geschieht, macht mit der Ekliptik einen Winkel von wenigen, etwa 15 Graden.

Wir wenden uns nun zur Beobachtung der Flecken, aus denen man ebenfalls im Stande gewesen ist, das Vorhandensein einer Rotation der Venus nachzuweisen.

Die dunkeln Flecken, die man auf dem Planeten wahrzunehmen vermocht hat, sind außerordentlich fein und schwer zu erkennen; sie nehmen einen großen Theil vom Durchmesser des Planeten ein, und haben, sagt Domenicus Cassini, keine scharfen Ränder.

Von Zeit zu Zeit bemerkt man auf der Scheibe auch helle Flecken. Einen derselben entdeckte Dom. Cassini am 14. October 1666; einen zweiten beobachtete er am 28. April 1667. Letzterer veränderte seinen Ort während der Beobachtung merklich. Hierdurch wurde die Axendrehung der Venus, oder wenigstens eine gewisse Librations-Bewegung erwiesen; am nächsten Tage, 29. April, stand derselbe helle Flecken sehr nahe an derselben Stelle, wo man ihn am 28. gesehen hatte. Dreht sich also der Planet um seine Axe, so muß die Dauer seiner Umdrehung etwa 24 Stunden betragen. Beobachtungen vom 9., 10. und 13. Mai 1667, ferner vom 5. und 6. Juni führten zu demselben Ergebnisse [7]).

Die sehr kurze Zeit, während welcher man derartige Beobachtungen anstellen kann, sowohl infolge der geringen Höhe des Planeten über dem Horizonte, als wegen der durch Anwesenheit der Sonne herbeigeführten Schwächung, gestattete Dom. Cassini nicht, die Rotationsbewegung der Venus so deutlich wahrzunehmen, als dies bei Mars und Jupiter der Fall gewesen war. Unter der Annahme, jene Ortsveränderung der Flecken, die von Süden nach Norden stattzufinden schien, sei die Wirkung einer Umdrehungsbewegung, nicht aber einer Libration des Planeten gewesen, fand er, daß die Flecken nach 23 Stunden in dieselbe Lage auf der Scheibe zurückkehrten.

Bianchini scheint im Sommer 1726 unter günstigeren Umständen, als Cassini, beobachtet zu haben, entweder weil der Himmel zufällig durchsichtiger, und sein Fernrohr stärker war, oder infolge anderer unbekannten Umstände; denn dieser Astronom bemerkte mitten auf dem Planeten sieben Flecke, die er Meere nannte, und welche durch

Meerengen untereinander in Verbindung standen, und acht deutliche Vorsprünge zeigten. Er zeichnete ihre Umrisse und gab ihnen die Namen eines Königs von Portugal, seines Wohlthäters, so wie die Namen der durch ihre Reisen berühmtesten Seefahrer. Ausnahmsweise begegnet man hier auch den Namen Galilei's und Dom. Cassini's, ferner der pariser Akademie der Wissenschaften und des Instituts zu Bologna. Figur 225 zeigt die Planisphäre der Venusflecken, wie sie Bianchini entworfen hat [8]).

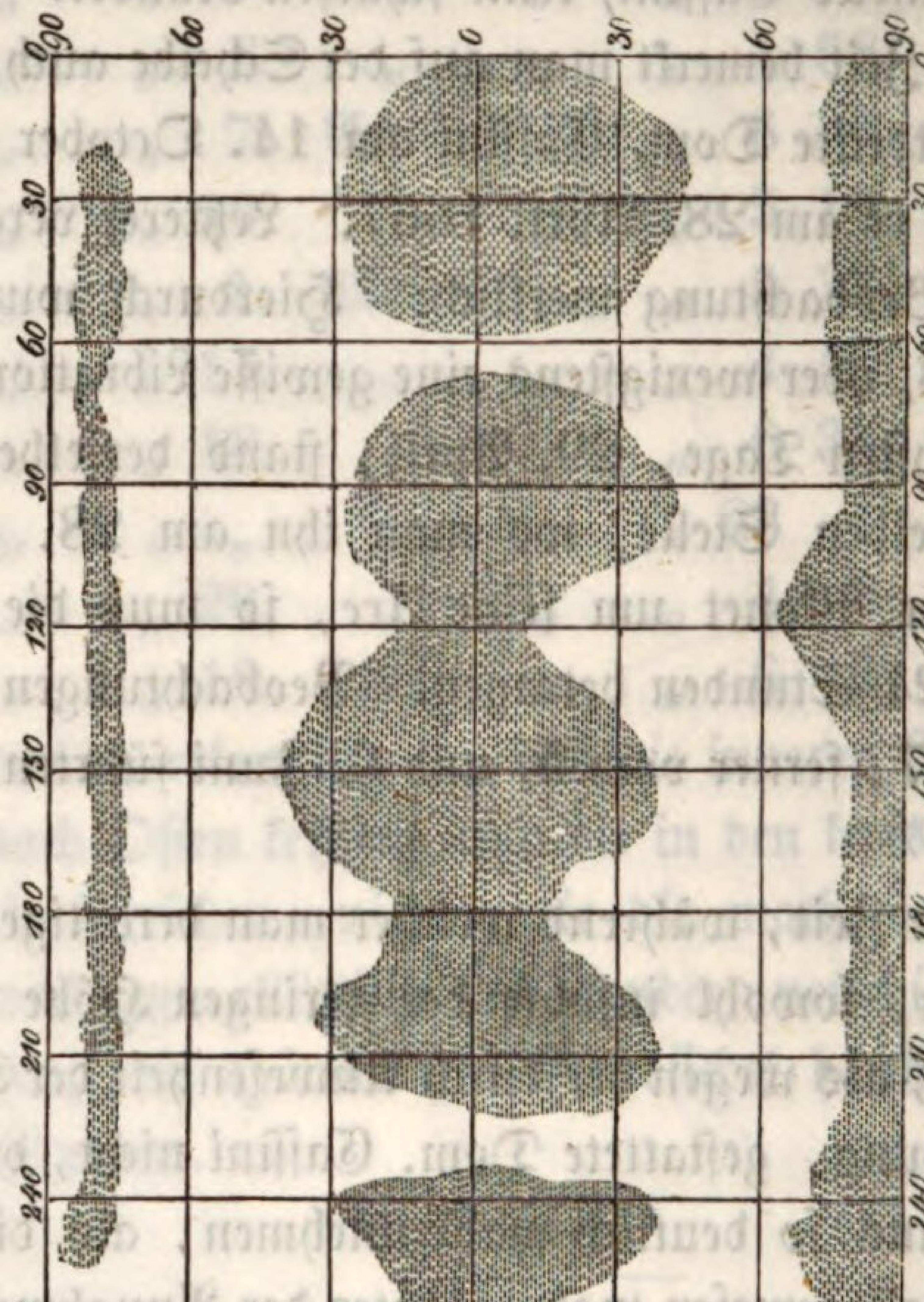


Fig. 225. — Planisphäre der Venusflecken nach Bianchini.

Aus seinen Beobachtungen der Jahre 1726 und 1727 fand Bianchini die Umdrehungszeit des Planeten um seine Axe zu 24 Tagen 8 Stunden.

Jakob Cassini dagegen leitete aus den Beobachtungen seines Vaters eine Rotationsdauer ab von 23 St. 15 Min.; doch zeigte er sich dabei etwas partheiisch. Er versuchte nachzuweisen, daß Bianchini, dessen Beobachtungen durch ziemlich beträchtliche Zwischenzeiten getrennt waren, sich dadurch hatte täuschen können, daß er verschiedene Flecken für einen und denselben hielt, der durch die Rotationsbewegung des Planeten in eine bestimmte Lage zurückgekehrt sein sollte.

Die ungemein große Verschiedenheit der beiden angeführten Resultate hat neuerdings einen englischen Astronomen, Herrn Hussey, zu einer sehr lebhaften Kritik veranlaßt. Hussey seinerseits erscheint als ein großer Bewunderer Bianchini's, und als ein leidenschaftlicher Gegner der beiden Cassini, und zwar in höherem Grade, als dies bei einer wissenschaftlichen Erörterung erlaubt sein möchte.

Uebrigens ist die Cassini'sche Rotationsperiode auf dem Collegio Romano bestätigt worden, durch ganz unzweifelhafte Beobachtungen, welche Pater de Vico und seine Mitarbeiter in den Jahren 1840 bis 1842 anstellten. Im Mittel aus einer großen Anzahl beobachteter Flecken haben sie als Umdrehungsdauer der Venus gefunden 23 St. 21 Min. $23^{93}/_{100}$ Sec.

Erwähnenswerth ist noch der Umstand, daß es Dom. Cassini niemals gelang, durch die pariser Atmosphäre eine Spur von jenen Flecken zu erkennen, mittelst welcher er zu Rom im Jahre 1666 das Vorhandensein einer Rotation oder wenigstens einer Librationsbewegung bei der Venus erkannt hatte.

Herschel hat bisweilen auf der sichelförmigen Venusscheibe, in der Nähe der Gränzlinie zwischen Schatten und Licht, Flecken erkannt. Diese machten es ihm ganz zweifellos, daß eine beträchtlich schnellere Umwälzung des Planeten, als Bianchini angenommen hatte, stattfindet; dennoch aber fand er die Flecken zu schwach und zu unbestimmt, auch zu veränderlich, um darauf eine genaue Bestimmung der Rotation und besonders der Lage der Pole gründen zu können.

Herschel glaubte nicht, daß die Flecken auf einem festen Körper hafteten, er nahm vielmehr an, daß sie der Atmosphäre des Planeten zugehörten. Aber diese Ansicht läßt sich nicht mehr aufrecht erhalten, seitdem die Astronomen des Collegio Romano, wie ich bereits an-

führte, die Bianchini'schen Flecken in ihren alten Umrissen wiedererkannt haben.

Bei den Vorübergängen der Venus vor der Sonne hat man nicht gefunden, daß die verschiedenen Durchmesser des Planeten ungleich untereinander waren, und darauf hat man den Schluß gegründet, daß der Planet nicht in der Richtung seiner Umdrehungsaxe abgeplattet sei.

Siebentes Kapitel.

Berge auf der Venus.

Ihrer Zeitfolge nach werde ich die Beobachtungen anführen, aus denen gefolgert worden ist, auf der Venus seien hohe Berge vorhanden.

Zwei dieser alten Beobachtungen haben die Geschichtschreiber der Astronomie ohne gültigen Grund in Vergessenheit gelassen:

Im Augustmonat des Jahres 1700, als La Hire die Venus bei Tage, nahe bei ihrer untern Conjunction beobachtete, fand er auf dem untern Theile der Sichelgestalt Ungleichheiten, die nur von Bergen, höher als die auf dem Monde, herrühren konnten.

Das Fernrohr, dessen La Hire sich bediente, hatte 16 Fuß Brennweite und vergrößerte 90 Mal.

Folgende Stelle kommt vor in Derham's Astro-Theologie: „Bei Beobachtung der Venus mit den Huyghens'schen Gläsern (90-füßiges Fernrohr) glaubte ich Einbiegungen und Unebenheiten an der hohlen Seite des erleuchteten Randes zu erkennen, so wie sie uns nach dem Neumonde erscheinen."

Besondere Aufmerksamkeit wendete Schröter auf die den Hörnern benachbarten Theile der Sichel; sie erschienen ihm bisweilen abgestumpft; ja einige Male, am 28. December 1789, am 31. Januar 1790 und am 27. Februar 1793 erkannte er sogar nahe beim südlichen Horne, wie dies bei Beobachtung des Mondes wohl geschieht, einen ganz isolirten, hellen Punkt, der von der eigentlichen Sichel durch einen dunkeln Zwischenraum getrennt war.

Schröter wandte verschiedene Vergrößerungen an, und mehrere Anwesende bestätigten diese Beobachtung durch ihr Zeugniß.

Wenn wir uns den Planeten ohne Unebenheiten, vollkommen glatt denken, so wird seine Sichel stets durch zwei ganz gleiche und sehr scharfe Spitzen begränzt sein. Stellen wir uns dagegen vor, Venus sei mit Bergen bedeckt, so kann das Dazwischentreten eines Berges in den Weg der Sonnenstrahlen bisweilen einem oder dem andern Horne, oder wohl auch beiden Hörnern zugleich, die regelmäßige Gestalt rauben. In diesem Falle wird die Sichelgestalt nicht mehr symmetrisch sein, die Hörner können nicht immer spitz und untereinander gleich erscheinen, man wird sie vielmehr abgestumpft erblicken. So zeigt es sich nun in der That, wie wir oben in den Beer- und Mädler'schen Zeichnungen gesehen haben (Fig. 224, S. 457); folglich ist Venus kein glatt abgerundeter Körper, sondern es sind auf ihrer Oberfläche Berge vorhanden, in derselben Weise, wie wir dies später beim Monde finden werden.

Jene abgestumpften oder verlängerten Hörner haben uns also zu dem Beweise gedient, daß sich auf der Oberfläche dieses Planeten Berge befinden, die an Höhe unsere Berge auf der Erdoberfläche bedeutend übertreffen.

Im Allgemeinen haben die angestellten Messungen ergeben, daß die höchsten Berge auf der Venus fünf Mal höher aufsteigen, als die höchsten Berge auf unserer Erde, und daß ihre Höhe wohl fünf Meilen erreicht.

William Herschel glaubte, seine Zweifel über dies Resultat nicht unterdrücken zu dürfen.

In seiner Erwiederung machte Schröter bemerklich, wie geringen Werth negative Resultate beanspruchen dürfen, und fügte hinzu, daß die Tage und Stunden, an denen Herschel nichts Unregelmäßiges an der Hörnergestalt wahrgenommen hatte, genau mit den Tagen und Stunden übereinstimmten, an welchen man auch in Lilienthal keine Unregelmäßigkeit bemerkt hatte, wie dies aus einer bereits früher der Royal Society zu London vorgelegten, und in die Philos. Trans. aufgenommene Abhandlung hervorgehe.

Achtes Kapitel.

Atmosphäre der Venus.

Die Sonne ist größer als Venus, und muß deshalb mehr als eine Halbkugel dieses Planeten erhellen; eine durch beide Hörnerspitzen gelegte Linie kann aus diesem Grunde, selbst abgesehen von allen Bergen, nicht ein Durchmesser des Planeten sein, sondern vielmehr eine, in Bezug auf die Sonne etwas jenseit des Mittelpunktes belegene Sehne.

Es hat keine Schwierigkeit, die Entfernung dieser Sehne von dem wirklichen Durchmesser zu berechnen; gemessen auf dem Umfange der Venus beträgt dieselbe nicht mehr als $^1/_3$ Bogensecunde. Nichtsdestoweniger sieht man die Scheibe, in sehr mattem Schimmer, beträchtlich über die durch Rechnung bestimmte Gränze hinaus. Diesen Lichtschein hat man mit unserer Dämmerung verglichen, indem man annahm, diejenigen Sonnenstrahlen, welche den körperlichen Rand der Venus streifen, würden in einer Atmosphäre gebrochen, und beleuchteten Punkte, über welche sie, ohne diese Ursache, hinweggegangen wären. Aus der Größe des durch diese secundären Strahlen erleuchteten Raumes hat man geschlossen, die Brechung, welche das Licht erleidet, sei wenig beträchtlicher, als die Horizontalrefraction der Lichtstrahlen in unserer Erdatmosphäre.

Fast allen Astronomen, welche Venus mit Aufmerksamkeit untersucht haben, ist es auffallend gewesen, wie viel heller der äußere, der Sonne zugewandte Theil erscheint, als die gegenüberliegende elliptische Gränze, welche auf dem Planeten die Trennungslinie zwischen Licht und Schatten bildet. Herschel versicherte, diese größere Helligkeit trete ganz plötzlich ein, indem ein heller Umfang, ein leuchtender Reifen von derselben Breite rundum an den Rändern des Halbkreises vorhanden sei. Dagegen behauptete Schröter, das außerordentlich helle Licht, welches den Kreisumfang der Lichtgestalt bildet, nehme stufenweise ab, je mehr man sich der Gränzlinie an dem der Sonne gegenüberliegenden Rande nähere. In dieser Abschwächung glaubte man einen neuen Beweis für das Vorhandensein einer Venusatmosphäre zu

erkennen; und in der That ist es unbestreitbar, daß diejenigen Lichtstrahlen, welche von materiellen Theilen des Planeten kommen, die den Kreisrand der Sichel bilden, eine weniger hohe atmosphärische Schicht (eine solche als vorhanden gedacht) zu durchlaufen haben, als diejenigen Sonnenstrahlen, die ihrerseits reflectirt werden von Theilchen in der Nähe der Gränze von Schatten und Licht.

Bis jetzt scheinen die nach Schröter's Zeit angestellten Beobachtungen für seine Ansicht zu sprechen, und Herschel's Kritik dieser Arbeit des lilienthaler Astronomen (veröffentlicht im Jahre 1793), hat das Interesse, welches sich an Untersuchungen von so großer Wichtigkeit knüpfte, nicht verringert. Uebrigens hatte Herschel bei diesem leisen Tadel vollkommene Loyalitat bewiesen; man wird dies erkennen, wenn ich in Nachfolgendem auf die Beobachtungen näher eingehe, durch welche Schröter den Beweis führte für das Vorhandensein einer Atmosphäre um Venus: in diesem Punkte war der sloughe Astronom schließlich mit Schröter vollkommen einverstanden [9]).

Zu der Zeit, wo Venus in der Nähe ihrer unteren Conjunction sehr schmal erschien, erblickte der lilienthaler Astronom den äußeren Umfang des Planeten etwas über die hellen, direct von der Sonne beleuchteten Hornspitzen hinaus, also etwas jenseit desjenigen Theiles der Scheibe, den man mit einem gewöhnlichen Fernrohre erkannt hätte. Dieses rähselhafte Licht war im Vergleich mit dem lebhaften Scheine der Planetensichel von solcher Schwäche, wie das aschfarbene Licht des Mondes verglichen mit dem übrigen hellen Theile.

Am 12. August 1790, als der volle Durchmesser der Venus 60 Secunden groß erschien, betrugen die Sehnen der beiden Bogen, die jenseit der hellen Hörner der Scheibe in schwachem Lichte schimmerten, jede für sich, 8 Bogensecunden. Eine einfache Rechnung führte Schröter hiernach auf den Schluß, daß dies secundäre Licht sich auf dem Planeten 15 Grade über die Gränzlinie des direct von der Sonne beleuchteten Theiles hinaus erstreckte. Dieser schwache, über 15 Grade sich erstreckende Schimmer entstand, wie sich Schröter dachte, durch Reflexion von der den Planeten einhüllenden Atmosphäre; es war, wenn auch mit etwas geringerer Ausdehnung, der Dämmerschein, wel-

chen die Erdatmosphäre, lange vor Sonnenaufgange, über alle Gegenstände verbreitet [10]).

Was die Thatsache vom Vorhandensein des secundären Lichtes betrifft, vermittelst dessen man mehr als 180 Grade vom Venusumfange erblickt, so ließ Herschel in diesem Punkte dem lilienthaler Astronomen volle Gerechtigkeit widerfahren. Ganz unumwunden nennt er diese Thatsache, und zwar mit Recht, eine Entdeckung.

Die Lichtabnahme vom äußersten Kreisrande der Venussichel bis zum innern elliptischen Rande ist eine Thatsache, welche alle Beobachter nothwendig bemerken mußten; darin stimmen Schröter und Herschel vollkommen überein. Nur glaubte der lilienthaler Astronom, wie schon oben bemerkt wurde, die Abnahme gehe stufenweise vor sich, während dagegen Herschel eine plötzliche Aenderung in unmittelbarer Nähe des Kreisumfanges erkannte.

Man könnte der Meinung sein, die zwischen dem äußern Rande der Venussichel und der innern elliptischen Gränzlinie beobachtete Lichtabnahme sei eine Folge des Halbschattens, und könnte sie demnach dem ziemlich beträchtlichen Winkeldurchmesser zuschreiben, unter dem die Sonne von der Venus aus gesehen wird. Indessen widerspricht die Geometrie dieser Annahme auf das Bestimmteste.

Insofern der Sonnendurchmesser, von der Venus aus betrachtet, im Mittel 44 Minuten beträgt, unterliegt es keinem Zweifel, daß in der Gegend der Trennungslinie zwischen Licht und Schatten, gewisse Regionen der Planetenoberfläche nur von einem fast unmerklich kleinen Theilchen der Sonne erleuchtet werden, während andere Regionen dagegen von allen Strahlen der gesammten Sonnenscheibe getroffen werden.

Stellt man indessen diese Berechnung wirklich an, so ergibt sich, daß, wenn uns die Venuskugel 60 Secunden groß erscheint, die ersten dieser Punkte, also diejenigen, welche vom Sonnenlichte kaum getroffen werden, von denjenigen, welche das ganze Sonnenlicht erhalten, nur etwa um eine Drittelsecunde entfernt liegen. Viel beträchtlicher ist aber die Winkelweite, innerhalb welcher die Helligkeit abnimmt: von dieser Abnahme kann durchaus nur ein ganz unbedeutender Theil der Phase als eine Wirkung des Halbschattens angesehen werden.

Um diese Erscheinung zu erklären, kam deshalb Herschel auf die

Vorstellung, das Licht des Planeten werde hauptsächlich von den in seiner Atmosphäre schwebenden Wolken zu uns reflectirt.

In Betreff des hellen Lichtes, welches den äußern Rand der Sichel bildet, spricht er sich folgendermaßen aus: „Vermuthlich ist dies Licht der Atmosphäre des Planeten zuzuschreiben; denn es ist wahrscheinlich, daß diese Atmosphäre, gleich der unserer Erde, Stoffe enthält, welche das Licht brechen, und stark nach allen Richtungen hin reflectiren. In diesem Falle muß die Helligkeit am Rande der Scheibe beträchtlich wachsen, da nämlich, wo unsere Gesichtslinie die Atmosphäre schief, d. h. in ihrer größten Breite trifft."

Sinnreich ist diese Erklärung, doch läßt sie noch einige Schwierigkeiten zurück: man sieht z. B. nicht ein, wie ein atmosphärisches Licht den äußeren Umfang der Planetensichel scharf abgeschnitten, vollkommen wohl begränzt zeigen kann.

Auf Messungen der Helligkeitsabnahme zwischen beiden Rändern der Sichel ließe sich eine ordentliche Prüfung dieser Annahme gründen; man muß folglich die Astronomen veranlassen, alles Mögliche zu versuchen, um solche Messungen anstellen zu können. Ich benutze diese Gelegenheit, um eine Beobachtung anzuführen, aus der hervorzugehen scheint, daß die Helligkeitsabnahme zwischen den Rändern der Sichel beträchtlich schneller geschieht, als man gewöhnlich annimmt. Mißt man einen Planetendurchmesser mit einem Prismen-Mikrometer, so erkennt man den Augenblick, in welchem die beiden Bilder übereinander liegen, durch eine schnelle und beträchtliche Helligkeitszunahme der ineinandergreifenden Theile. Dies ist aber nicht der Fall, wenn beide Sichelspitzen der Venus schon ganz merklich übereinander greifen: es scheint vielmehr, als ob durch Hinzufügen des Lichtes des elliptischen Theils der Lichtphase zu dem kreisförmigen Theile, die Helligkeit dieses letzteren kaum vermehrt würde, als wäre jenes nur ein unmerklicher Theil, z. B. $1/_{30}$ von diesem.

Es mag genügen, hier diese Beobachtung erwähnt zu haben, die vorsichtig und mit Anwendung aller Mittel, welche die Optik den Beobachtern an die Hand giebt, verfolgt, vielleicht das gewünschte Ziel einst erreichen läßt.

Neuntes Kapitel.

Sichtbarkeit der Venus bei Tage.

Bisweilen ist Venus so glänzend, daß sie mit bloßem Auge am hellen Tage erkannt wird; dergleichen Erscheinungen des Planeten werden von der unwissenden Menge mit Zeitereignissen in Zusammenhang gesetzt. Indessen hängt die Wiederholung derselben von bekannten physischen Ursachen ab, welche sich berechnen lassen. Man hat auf diesem Wege gefunden, daß die bestmögliche Sichtbarkeit des Planeten für einen Beobachter, welcher durch kein Instrument die Schärfe seines Gesichts vermehrt, nicht zur Zeit der größten Digressionen stattfindet, obgleich Venus in diesen beiden Stellungen von der Sonne beträchtlich entfernt steht, und sich auch nicht an stark von der Sonne beleuchteten Stellen der Atmosphäre befindet. Uebereinstimmend mit der Beobachtung hat die Rechnung ergeben, daß für das bloße Auge die beste Sichtbarkeit der Venus dann eintritt, wenn der Planet 40 Grade östlich oder westlich von der Sonne entfernt steht, d. h. etwa 69 Tage vor oder nach seiner untern Conjunction. Der scheinbare Halbmesser beträgt alsdann 40 Secunden, und die Breite des erleuchteten Theiles kaum 10 (Fig. 226). In diesen beiden Stellungen ist nur der vierte

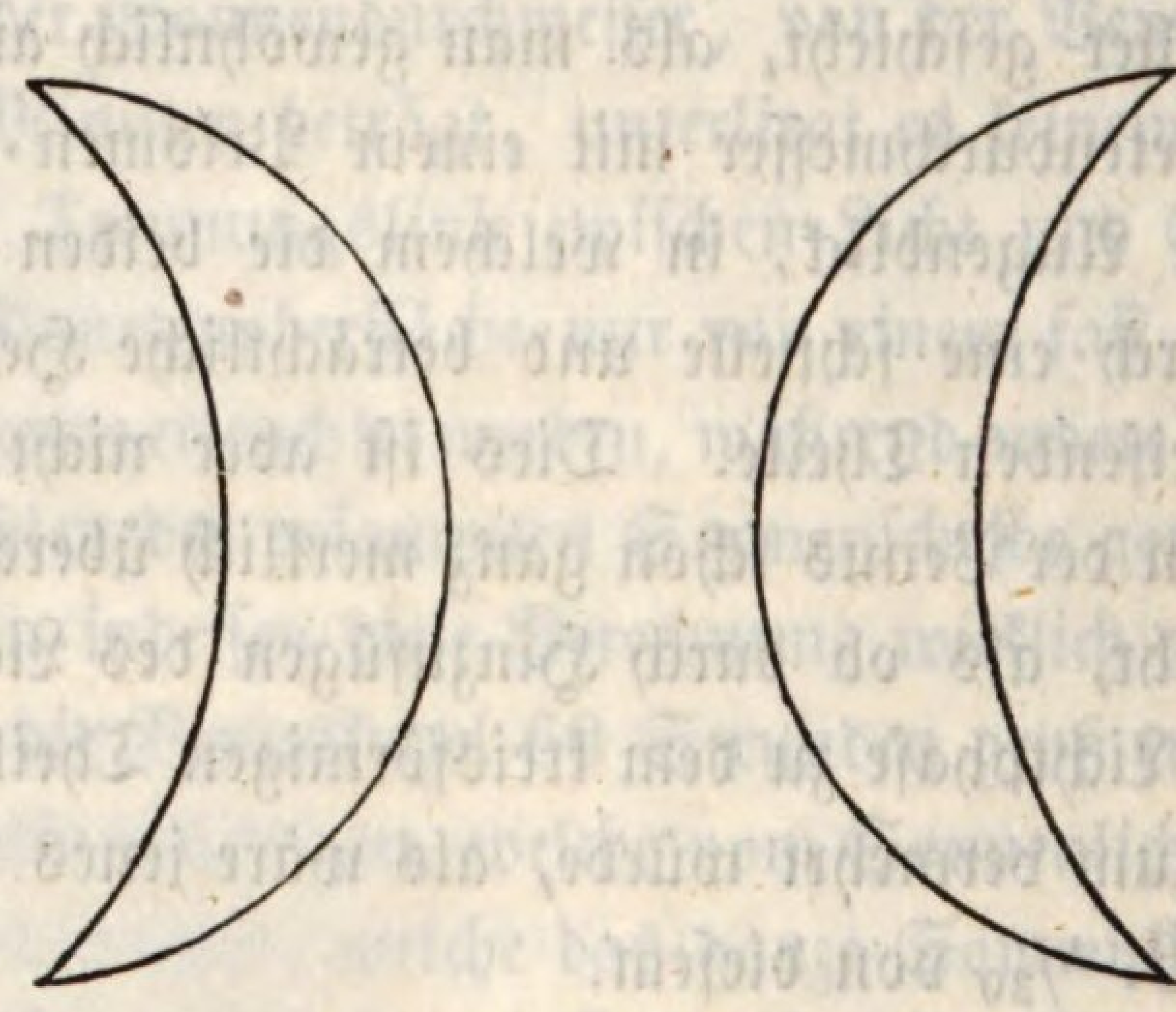


Fig. 226. — Venussicheln zur Zeit des größten Glanzes.

Theil der Venusscheibe erleuchtet; aber dies Viertel sendet uns mehr Licht, als die größten sichtbaren Lichtgestalten, weil diese letzteren nur in größeren Abständen von der Erde eintreten.

Die günstigen Bedingungen für die Sichtbarkeit der Venus müssen östlich und westlich von der Sonne ungefähr alle 29 Monate wiederkehren; die beste Sichtbarkeit tritt indessen nur nach je acht Jahren ein. Schon die Alten hatten bemerkt, daß Venus in dunkeln, mondlosen Nächten bisweilen deutliche Schatten wirft.

Auch die Beobachtung der Venus am hellen Tage und mit bloßem Auge ist nicht so neu, als man allgemein annimmt. In der That berichtet Varro, „Aeneas habe auf der Fahrt von Troja nach Italien ununterbrochen den Planeten wahrgenommen, obgleich die Sonne über dem Horizonte stand."

Ich führe auch an, freilich ohne übertriebenen Werth auf die Nachricht zu legen, daß, wie uns der heilige Augustin erhalten hat, Varro in einer seiner gegenwärtig verlorenen Schriften behauptete, in einer Zeit, lange vor der seinigen, habe Venus Helligkeit und Farbe geändert.

Als die Bewohner von London im Jahre 1716 die Sichtbarkeit der Venus am hellen Tage für wunderbar hielten, nahm Halley davon Veranlassung, nachzurechnen, in welcher Stellung der Planet am Besten sichtbar sei. Das Resultat seiner Untersuchung habe ich bereits mitgetheilt.

Lalande erinnert daran, daß im Jahre 1750 ganz Paris in Erstaunen gerieth über die Sichtbarkeit der Venus zur hellen Mittagszeit.

Von Bouvard hörte ich erzählen, daß, als General Bonaparte sich einst nach dem Palais Luxembourg begab, wo ihm das Directorium ein Fest geben wollte, er sehr erstaunt darüber war, daß das Volk in der Rue de Tournon mehr Aufmerksamkeit der Stelle des Himmels über dem Palaste zuwandte, als seiner Person und seinem glänzenden Generalstabe. Auf seine Nachfrage erfuhr er, daß die Menge, obgleich es Mittagszeit war, voll Erstaunen einen Stern betrachtete, den sie für den Stern des Besiegers von Italien hielt, — eine Anspielung, welche dem gefeierten Feldherrn selbst nicht gleichgültig schien, als sein durchdringender Blick den hellen Stern wahrgenommen hatte. Der fragliche Stern war kein anderer als Venus[11]).

Eine wesentliche Bemerkung darf ich hier nicht übergehen. Die

Rechnungen, durch welche die Bedingungen der besten Sichtbarkeit für Venus ermittelt worden sind, gelten nur für das Sehen mit bloßem Auge; auch wird dabei gänzlich abgesehen von der in größerem Winkelabstande von der Sone eintretenden Abnahme der Helligkeit in der Atmosphäre.

Schon den Alten war es bekannt, daß Venus in mondlosen Nächten einen deutlichen Schatten bei undurchsichtigen Körpern hervorruft. Wollte man diese Beobachtung mit der gehörigen Sorgfalt im Freien anstellen, und zwar von einem Orte aus, wo man die ganze über dem Horizonte befindliche Halbkugel des Firmaments übersieht, d. h. die Hälfte aller Sterne, so ließen sich daraus sehr interessante photometrische Schlüsse ableiten, besonders wenn man sich hierbei der Verfahren bediente, die gegenwärtig bekannt sind, um das Licht des Planeten in gegebenen Verhältnissen abzuschwächen.

Schließlich führe ich noch an, daß Licht und Wärme auf der Venusoberfläche durch 1,91 ausgedrückt werden, wenn man diejenige Menge, welche die Erde von der Sonne erhält, Eins setzt.

Zehntes Kapitel.

Ueber das secundäre Licht der Venus.

Nach Aussage mehrerer durchaus glaubwürdigen Beobachter steht es fest, daß man bisweilen, selbst am hellen Tage, die ganze Venus erkannt hat, in Stellungen des Planeten, wo man höchstens die Hälfte hätte wahrnehmen sollen, d. h. unter Umständen, wo die von der Erde aus sichtbare Oberfläche nur zum Theil vom Sonnenlichte erhellt wurde. Es war mir interessant aufzufinden, wer zuerst eine derartige Beoachtung gemacht hat, und ich habe, freilich ohne Angabe des Datums, in der Astro-Theologie Derham's (deren französische Uebersetzung nach der dritten Ausgabe im Jahre 1729 erschien) folgende Stelle gefunden, die ich hier hersetze[12]:

„Wenn der Planet Venus ganz zweifellos sichelförmig erscheint, so läßt sich der dunkele Theil der Kugel in blassem, etwas röthlichem Lichte erkennen."

In einer Anmerkung fährt der Kaplan von Windsor folgendermaßen fort, um die Zweifel zu widerlegen, welche ein ihm befreundeter, geschickter Astronom über die erwähnte Thatsache hegte:

„Ich erinnere mich deutlich, daß, als ich vor einigen Jahren Venus beobachtete, während sie in der Erdnähe stand und ihre Hörner sehr lang erschienen, der dunkele Theil ihrer Kugel sichtbar war, gerade so wie uns der Mond, bald nach seiner Conjunction, im aschfarbenen Lichte erscheint. Dies brachte mich auf den Gedanken, man werde bei der nächsten totalen Sonnenfinsterniß vielleicht dieselbe Erscheinung beobachten können, und ich ersuchte deshalb einen neben mir stehenden Beobachter, der sich eines vortrefflichen Fernrohrs bediente, seine Aufmerksamkeit auf das fragliche Phänomen zu richten: er versicherte, die Erscheinung sehr deutlich gesehen zu haben."

Der Zeitfolge nach rührt die zweite Beobachtung des dunkeln Theils der Venus von Andreas Mayer her[13]). Sie findet sich in seiner im Jahre 1762 erschienenen Schrift: Observationes Veneris Gryphiswaldenses. Es heißt darin Seite 19: „Am 20. October 1759, um 0 Uhr 44 Min. 48 Sec. wahrer Zeit ging das untere Horn in 21° 31′ südlicher Declination durch den Meridian. Der erleuchtete Theil der Venus war sehr schmal, dennoch war die ganze Scheibe sichtbar, so wie derjenige Theil des Mondes, den man durch reflectirtes Erdlicht wahrnimmt."

Dieser Astronom sah also die von Verschiedenen bezweifelte Erscheinung im Augenblicke des Meridiandurchganges, und zwar mit einem Fernrohre von mittelmäßiger Stärke.

Im Jahre 1806 erkannte Harding drei Male im Laufe von drei Wochen die ganze Venusscheibe, und zwar zu Zeiten, wo bei der gewöhnlichen Beleuchtung nur ein sehr schmaler Streifen hätte sichtbar sein sollen. Am 24. Januar 1806, nach Anbruch der Nacht, unterschied sich dies ausnahmliche Licht von dem des Himmels durch eine äußerst schwache aschgraue Färbung; im Umfange schien letzteres von etwas kleinerem Durchmesser, als der von der Sonne direct beleuchtete Theil. Am 28. Februar schien das Licht der dunklen Hälfte, in schwachem Dämmerscheine gesehen, ein wenig röthlich. Eine ähnliche Beobachtung machte Harding am 14. März bei merklich hellerer Dämmerung.

Ohne von den Beobachtungen des göttinger Professors Kenntniß zu haben, bemerkte am 11. Februar auch Schröter in Lilienthal die dunkle Seite der Venus, welche sich vom Himmel matt schimmernd abhob. In späterer Zeit, am 8. Juni 1825, um 4 Uhr Morgens, machte Gruithuisen in München eine der lilienthaler ähnliche Beobachtung.

Aber alle diese Beobachtungen enthalten noch nicht die nothwendigen Elemente, um darüber entscheiden zu können, worin man den Grund zu dem ungewöhnlichen Sichtbarwerden der von der Sonne nicht beleuchteten Venushälfte zu suchen habe. Olbers schließt sich, in seiner Abhandlung über die Durchsichtigkeit des Himmelsraumes, der Meinung an, das Licht, in welchem uns der dunkle Theil der Venus bisweilen erscheint, rühre her von einer Phosphorescenz der Atmosphäre oder des soliden Kernes des Planeten.

Dieselbe Ansicht hatte schon früher William Herschel ausgesprochen, der in einer Abhandlung vom Jahre 1795 anführt, der von der Sonne nicht beschienene Theil der Venus sei von Verschiedenen (er nenn Niemand) wahrgenommen worden; von dieser Thatsache glaubte er sich nur durch die Annahme einer Phosphorescenz in der Planetenatmosphäre Rechenschaft geben zu können.

Ließe sich diese seltene und merkwürdige Erscheinung nicht vielleicht durch eine Art aschgrauen Lichtes, analog dem aschfarbenen Lichte im Monde erklären, das von dem durch Erde oder Merkur auf den Planeten reflectirten Licht herrühren könnte? Oder wäre die Erklärung der Erscheinung nicht noch wahrscheinlicher, wenn man sie der Gattung der negativen oder den Contrast-Erscheinungen beizählte? Soll man an eine Phosphorescenz denken, welche sich bisweilen in der Materie der Venus entwickelte? Oder soll man endlich annehmen, die ganze Atmosphäre des Planeten sei bisweilen der Schauplatz von Lichtentwickelungen, denen vergleichbar, welche auf der Erde die Nordlichter erzeugen?

Bisher haben die Beobachtungen keinen Anhalt geboten, um zwischen diesen Hypothesen auswählen, und zu Gunsten einer entscheiden zu können.

Elftes Kapitel.

Was hat man vom Venusmonde zu halten?

Venus ist von derselben oder fast von derselben Größe wie die Erde; da die Erde einen Mond hat, muß Venus folglich gleichfalls einen Mond besitzen. Dieser Schluß wird in gewissen Kosmogonien angestellt oder geht hervor aus gewissen Betrachtungen über die Endzwecke in der Natur. Untersuchen wir den Thatbestand.

Am 28. August 1686, um 4 Uhr 15 Min. Morgens, erkannte Domenicus Cassini in der Nähe der Venus, drei Fünftel ihrers Durchmessers östlich, ein schwaches, undeutliches Licht, das eine Phase gleich der des Planeten zeigte. Der Durchmesser der Erscheinung betrug ein Viertel vom Venusdurchmesser. Cassini betrachtete sie eine Viertelstunde lang mit einem 30füßigen Fernrohre; mit anbrechendem Tage verschwand sie.

Eine ähnliche Beobachtung hatte Cassini schon am 25. Januar 1672 gemacht. Von 6 Uhr 52 Min. Morgens bis 7 Uhr 2 Min. zeigte sich der kleine Stern sichelförmig wie Venus, und stand vom südlichen Horne um den Planetendurchmesser westlich entfernt; am 3. September war das Sternchen nicht mehr sichtbar.

Short, der als Verfertiger von Spiegelteleskopen ebenso berühmt ist, wie als Astronom, machte in England über denselben Gegenstand folgende Beobachtungen:

Am 23. October 1740 erkennt er in einem Spiegelteleskope von 15 Fuß Brennweite ein Sternchen nahe beim Planeten.

Ein anderes Spiegelteleskop von ähnlicher Brennweite, 50 bis 60 Mal vergrößernd, zeigte den kleinen Stern gleichfalls. Eine 240malige Vergrößerung bei diesem zweiten Instrumente ließ erkennen, daß der kleine Stern eine der Venusphase gleiche Lichtgestalt besaß. Auch mit 140maliger Vergrößerung war die Phase erkennbar. Im Durchmesser schätzte er den kleinen Stern ein Drittel von der Venus; an Licht kam er zwar dem Planeten nicht gleich, doch erschien das Bild vollkommen scharf.

Die Entfernung des Mondes vom Planeten betrug zur Zeit der Beobachtung 10′ 2″.

Short erzählt, er habe Venus und den Mond eine Stunde lang gesehen. Im Sonnenlichte verschwand jener Mond um 8¼ Uhr.

Um zu beweisen, daß die Instrumente bei diesen Beobachtungen sich in gutem Zustande befanden, bemerke ich noch, daß Short an demselben Tage zwei dunkle Flecken auf der Venusscheibe erkannte.

Der Astronom Montaigne zu Limoges, dem verschiedene Beobachtungen, und besonders die Entdeckung mehrerer Kometen, einiges Ansehen verschafft haben, sah in der Zeit vom 3. bis 11. Mai 1761 vier Mal den Venustrabanten.

Montaigne's Beobachtungen geben die Entfernung des Mondes vom Planeten, und den Winkel, der, besonders seitdem man sich mit den Doppelsternen beschäftigt, Positionswinkel genannt wird. Alles dies ist freilich nur durch Schätzung bestimmt.

Sein Fernrohr war etwa 8 Fuß lang, und die Vergrößerung eine 40= bis 50fache. Der Mond zeigte dieselbe Lichtgestalt wie Venus, war lichtschwach und betrug im Durchmesser ein Viertel vom Planetendurchmesser.

Rödkier zu Copenhagen sah dieselbe Erscheinung am 3. und 4. März 1764 mit einem neunfüßigen Fernrohre; am 10. und 11. desselben Monats machten auch Horrebow und Andere diese Beobachtung an demselben Orte: sie behaupten, sich auf verschiedene Weise davon überzeugt zu haben, daß jenes Bild, welche sie für einen Mond hielten, keine optische Täuschung sein konnte.

Auch Montbarron zu Auxerre, der sich eines etwa dreifüßigen gregoryschen Spiegelteleskops bediente, erkannte den Trabanten am 15., 28. und 29. März 1764 in merklich verschiedenen Stellungen.

Alle diese Beobachtungen hat Lambert mit der Geschicklichkeit behandelt, welche sich von einem so großen Geometer erwarten ließ; zu Anfange seiner Abhandlung erwähnt er die Erklärung, welche Pater Hell gegeben hatte.

Der wiener Astronom behauptete nämlich, diese Bilder entständen durch doppelte Reflexion des Lichtes, und zwar zuerst von der Hornhaut, dann von derjenigen Fläche der Ocularlinse, deren hohle Seite nach dem Beobachter gerichtet ist, ich meine von derjenigen Fläche der Convexlinse, welche dem Objective zunächst liegt. Zur Begründung

seiner Erklärungsweise beschrieb er die Bewegungen, welche eine Verrückung des Auges hervorbringen mußte, und in der That in einem von ihm beobachteten falschen Bilde hervorgebracht hatte.

Ohne sich bei dieser, so leicht erkennbaren Quelle einer Täuschung aufzuhalten, unternahm es Lambert, aus einigen der erwähnten Beobachtungen die Bahnelemente eines Venusmondes herzuleiten, und es ergab sich, daß die Bewegung in einer Ebene stattfand, welche mit der Ebene der Ekliptik einen Winkel von 63 Graden bildete; ferner daß die Bahn 0,2 zur Excentricität hatte, daß die Umlaufszeit um den Hauptplaneten 11,2 Tage betrug, und endlich, daß die große Axe, senkrecht von der Erde aus gesehen, im Jahre 1761 51 Min. betrug.

Mit diesen Elementen ließen sich die verschiedenen Beobachtungen mit einer Genauigkeit darstellen, welche der Bestimmung der Elemente aus bloß geschätzten Positionen entsprach. Es gab noch einen, auf den ersten Anblick sehr starken Einwand gegen das Vorhandensein eines Mondes. Warum sah man ihn nicht, konnte man fragen, als einen schwarzen Punkt vor der Sonnenscheibe zur Zeit des Venusdurchganges? Mit Hülfe der angeführten Elemente beantwortet Lambert diese Schwierigkeit vollständig, indem er nachweist, daß der Mond, infolge der großen Neigung seiner Bahn zur Ebene der Ekliptik, sich außerhalb der sichtbaren Sonnenscheibe, theils oberhalb, theils unterhalb befand, und zwar in allen drei Durchgängen, in den Jahren 1639, 1761 und 1769, welches die einzigen waren, die seit der Erfindung der Fernröhre beobachtet wurden.

Aus Lambert's Untersuchung geht hervor, daß wenn wirklich ein Venusmond vorhanden ist, derselbe zum Durchmesser 0,28 hat, den Erddurchmesser gleich Eins gesetzt, während der Durchmesser unsers Mondes 0,27 beträgt.

Ferner daß die Entfernung von dem ihn beherrschenden Hauptplaneten nur um ein Geringes kleiner ist, als die Entfernung des Mondes von der Erde.

Endlich daß Venus sieben Mal mehr Masse als die Erde besitzen müßte, und eine acht Mal größere Dichtigkeit; wobei jedoch nicht zu übersehen ist, daß sehr kleine Aenderungen der Elemente hinreichen würden, diese Zahlen beträchtlich zu verändern.

Wenn jener Satellit zur Zeit der Venusdurchgänge in der That nicht vor der Sonne gesehen wurde, so hätte man ihn andererseits bei nicht ekliptischen Conjunctionen des Planeten wahrnehmen können, und dennoch ist keine einzige derartige Beobachtnng bekannt. Man weiß indessen, wie geringen Werth negative Zeugnisse besitzen.

Außerdem bemerke ich noch, daß die Schwäche des Venusmondes in allen seinen Erscheinungen beweist, daß er wenig geeignet ist, Sonnenlicht zu reflectiren; daß er möglicherweise einigermaßen durchsichtig und dadurch unsern Wolken nicht ganz unähnlich ist.

Mairan war fest vom Vorhandensein dieses Mondes überzeugt; das seltene Sichtbarwerden desselben erklärte er durch die Annahme, daß die Sonnenatmosphäre oder vielmehr das Zodiakallicht gewöhnlich den Strahlen, die von jenem Monde zur Erde gehen, in den Weg trete. Andere Astronomen haben vermuthet, der Venusmond wende bei seinem Umlaufe um den Hauptplaneten, nach Art aller bekannten Satelliten, diesem stets dieselbe Seite zu; durch Verbindung dieses Umstandes mit sehr ungleicher Reflexionsfähigkeit an verschiedenen Punkten seiner Oberfläche, sollte sich eine Ursache für das so seltene Sichtbarwerden jenes räthselhaften Gestirnes ergeben.

Dies mag für diesen Gegenstand genügen, bei welchem ich so lange verweilte, weil ich vor dem Leser alle Acten des Processes darzulegen wünschte; dadurch ist einem Jeden ermöglicht, sich eine Ansicht zu bilden über einen Gegenstand, der bei der heutigen Lage unserer Kenntnisse nur in das Bereich des Möglichen gehört[14]).

Anmerkungen der deutschen Ausgabe.

Zum neunzehnten Buch.

1. S. 451. In vielen Theilen Frankreichs führt Venus auch nur den Namen la Belle Etoile. Goguet II Bd. S. 430.

2. S. 451. Ueber die Sanscrit-Benennung siehe die Mittheilung Bopp's an v. Humboldt, Kosmos, III Bd. S. 469.

3. S. 451. Robert Smith in seiner Optik Bd. II S. 460 sagt zwar bestimmt: „Kopernikus erwiederte seinen Gegnern, die Lichtgestalten würden früher oder später gewiß entdeckt werden,“ verweist indessen nicht auf die Schrift de Revolutionibus. Vergl. hierüber Kosmos II Bd. S. 362, III Bd. S. 538.

4. S. 453. Die Originalabhandluug von Horror, der bald nach dieser denkwürdigen Beobachtung starb, ist in Hevel's Mercurius in Sole visus abgedruckt; im Auszuge auch in der von Wallis veranstalteten Ausgabe von Horoccii Opera posthuma, London 1678. Die Beobachtung geschah zu Hoole bei Liverpool; Encke Der Venusdurchgang von 1769, Gotha 1824, S. 99 ff.

5. S. 455. Mädler (Astron. 4. Aufl. S. 138.) hält den Durchmesser der Venus von 1717 geograph. Meilen für den richtigsten; womit die Größen der Erde und der Venus fast genau gleich werden. Short und Lalande (letzterer aus den Venusdurchgängen) hatten den Venusdurchmesser einige Zehntelsecunden kleiner gefunden, als man gegenwärtig annimmt.

6. S. 456. Siehe den Brief Galilei's vom 1. Jan. 1611 in der londoner Ausg. von Keppler's Dioptrik 1653, S. 78.

7. S. 459. Die erste Nachricht von den Fleckenbeobachtungen des älteren Cassini, im Journal des Scavants vom 12. Dec. 1667; sehr ausführliche Beschreibungen und Abbildungen in Jak. Cassini's Elémens d'Astron. 1740, S. 512—527. Die merkliche Abnahme der Helligkeit in der Nähe der Lichtgränze war schon damals beobachtet worden. Lalande Astronomie § 3341 und Delambre Hist. de l'Astr. au XVIII siècle S. 257.

8. S. 460. Nach der sechsten Tafel von Franz Bianchini's Hesperi et Phosphori nova phaenomena, Rom 1728; woselbst auch die richtigere Darstellung in zwei Planisphären sich befindet. Hansen in Schumacher's Jahrbuche für 1837 hielt noch Bianchini's Resultat für das wahrscheinlichere.

9. S. 465. William Herschel On the Planet Venus in den Philos. Transact. vom Jahre 1793, womit Schröter's Entgegnung zu vergleichen: New Observations etc. im Bande für 1795. Auch Sir John Herschel glaubt, daß die Flecken nicht der festen Oberfläche des Planeten, sondern vielmehr seiner Atmosphäre angehören.

10. S. 466. Hieronymus Schröter besonders im zweiten und dritten Abschnitte der Aphroditographischen Fragmente, Helmstedt 1796.

11. S. 469. Andere Erscheinungen der Venus am hellen Tage, aus den Jahren 1609, 1630 und 1777 führt Zach auf, im 3. Supplementbande zu Bode's astronom. Jahrbuch, S. 219. Halley's Abhandlung über den Zeitpunkt des größten Glanzes im Jahrgange 1716 der Philos. Trans. p. 466, woselbst auch, im Sinne jener Zeit, eine einfache geometrische Lösung der Aufgabe gegeben wird.

12. S. 470. In der franz. Ausgabe, Zürich 1760, S. 151. Noch vor Ausgabe dieses zweiten Bandes der Astronomie hat bereits Winnecke in Göttingen auf diese bisher übersehene, so frühe Beobachtung des Lichtschimmers in der dunkeln Venushälfte aufmerksam gemacht. Astron. Nachr. No. 920.

13. S. 471. Als zweiter Beobachter der Nachtseite der Venuskugel wird im Kosmos III Bd. S. 494 und Mädler Astron. S. 143 wohl irriger Weise der mannheimer Astronom Christian Mayer genannt; Andreas M. war Prof. der Mathematik und Physik zu Greifswald. — Gegen Ende des vorigen Jahrhunderts wiederholte zuerst diese längst vergessene Beobachtung v. Hahn zu Remplin;

Bode's Jahrbuch für 1796 S. 188. Der Einzelnheiten wegen vergleiche man Schröter's Beschreibung des Phänomens im Jahrb. für 1809 S. 164, 165; und Harding's ebendaselbst S. 167.

14. S. 476. Sehr lobenswerth möchte die Vorsicht und Zurückhaltung sein, mit der Arago im eilften Kapitel dieses Buches die Thatsachen zusammenstellt, sich jedes absprechenden Endurtheils über den vermeintlichen Venusmond enthaltend. Ueberraschend klingt dagegen die in Deutschland, vorzüglich in neuerer Zeit, gebräuchlich gewordene Abfertigung jener Beobachtungen, die „höchst wahrscheinlich Nichts sind, als eine Seitenabspiegelung in den noch unvollkommen construirten Ferngläsern" — ein Urtheil, dem freilich das noch härtere des berühmten Verfassers des Kosmos (III. S. 539 Anm. 16. zur Seite steht). Man erwäge nur was es heißt, so außerordentlich feine, geübte und scharfsichtige Beobachter wie Joh. Dom. Cassini und Short, „den größten Optiker seiner Zeit," nach Pater Hell's Vorgange einer so groben Täuschnng zu beschuldigen, der auch der ungeübteste Beobachter nicht leicht unterliegen kann. Sahen und zeichneten nicht dieselben Beobachter mit aller Bestimmtheit Flecken auf der Venus, welche man seitdem höchstens einmal in Rom wiedergesehen hat? Ist nicht jene „unkritische Zeit" zugleich die Periode der wichtigsten teleskopischen Entdeckungen, fallen nicht in dieselbe Zeit die Entdeckungen der Schneezonen des Mars, der Theilung des Saturnringes u. s. w.? Auch die helle Nachtseite der Venus ist seit einem halben Jahrhundert nur Einmal wiedergesehen worden, ohne daß die bestimmten Wahrnehmungen von Derham, Mayer, Hahn, Schröter und Harding deswegen weniger glaublich wären. „Es scheint dies, äußert Mädler, eine der Venus eigenthümliche, doch nur unter seltenen Umständen merkbar hervortretende Lichtentwickelung auf der Oberfläche des Planeten zu sein." — Diese oder eine andere Erklärung mag uns auch der Unzukömmlichkeit überheben, einige der größten Beobachter des 17. und 18. Jahrhunderts, die ihre Fernröhre sehr wohl kannten, in Betreff des Satelliten einer Täuschung der gröbsten Art zu beschuldigen. Lambert und Lalande haben sich stets sehr bestimmt gegen jene oberflächliche, heutzutage wieder geltende Erklärungsweise ausgesprochen. — Den vollständigsten Bericht über die Thatsachen gibt Lalande in der großen französischen Encyklopädie, im Art. Venus; Lambert lieferte die Untersuchung über die Bahn im Berliner astr. Jahrb. für 1777.

Zusatz.

Zu S. 181. Anm. 4. In Betreff der überraschenden Thatsache gleichzeitiger Sichtbarkeit des Thierkreislichtes am Ost- und Westhimmel, zur Mitternachtszeit in den Tropenländern, hat H. v. Humboldt, im Julihefte 1853 der Monatsberichte d. Berl. Akad. daran erinnert, daß diese Erscheinung, oder etwas ihr sehr Analoges, ihm bereits im J. 1803 auffällig gewesen. Kosmos III. S. 589; Astr. Nachr. No. 989.

Inhaltsverzeichniß

des zwölften Bandes.

Vierzehntes Buch.

Funfzehntes Buch.

Sechzehntes Buch.

Siebzehntes Buch.

Verzeichniß der Figuren

des zwölften Bandes.

Druck von Otto Wigand in Leipzig.